



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

# ТАВРИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК АГРАРНОЙ НАУКИ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

DOI:10.33952/2542-0720

TAURIDA HERALD  
OF THE AGRARIAN SCIENCES

№ 1 (21)

DOI:10.33952/2542-0720-2020-1-21

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

#### Адрес редакции:

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

#### Издатели:

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

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

Формат 60x84/8, усл. печ. л. 10.00  
Заказ № 06А/14.  
Тираж 500 экз.

Подписано к печати 30.04.2020.  
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: 17.06.2020 г.  
Дизайн и верстка - Н.С. Овчаренко,  
Е.А. Дунаева  
© ФГБУН «НИИСХ Крыма», 2020.  
© Авторы статей, 2020.  
© Авторы иллюстраций, 2020.

№1 (21), 2020

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Алабушев А.В., д.с.-х.н., профессор, академик РАН, директор ФГБНУ «АНЦ «Донской»; Аллавердиев 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 АБП 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 АБП ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского»; Егорова Н.А., д.б.н., ФГБУН «НИИСХ Крыма»; Завалий А.А., д.т.н., профессор ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского»; Клименко Н.П., к.т.н., ФГБОУ ВО «КГМТУ»; Козырев А.Х., д.с.-х.н., профессор ФГБОУ ВО «Горский ГАУ»; Кудзаев А.Б., д.т.н., профессор ФГБОУ ВО «Горский ГАУ»; Ларина Г.Е., д.б.н., проф., ФГБНУ «ВНИИФ»; Лупян Е.А., д.т.н., 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»; Просяникова 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; Soyong K., Dr.Ph., president of Association of Agricultural Technology in Southeast Asia, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang; Соколенко О.Н., к.т.н., ФГБОУ ВО «КубГАУ им. И.Т. Трубилина»; Тарасенко В.С., д.г.-м.н., профессор, 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»; Шейн Е.В., д.б.н., профессор ФГБОУ ВО «МГУ им. М.В. Ломоносова»; Шагапсоев С.Х., д.б.н., профессор «Кабардино-Балкарский государственный университет имени Х.М. Бербекова».

## РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

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

Научный журнал «Таврический вестник аграрной науки» (“Taurida Herald of the Agrarian Sciences”) основан в 2013 г. Официальный сайт журнала - <http://tvan.niishk.ru/>  
Издание зарегистрировано в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций Российской Федерации: ПИ № ФС 77-67084 от 15.09.2016 г.

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

Founder – Federal State Budget Scientific Institution “Research Institute of Agriculture of Crimea”, 295493, Republic of Crimea, Smferopol, Kievskaya Str., 150.

E-mail: [priemnaya@niishk.ru](mailto:priemnaya@niishk.ru)

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

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

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

#### Тематические направления журнала:

##### Биологические науки 03.00.00:

03.02.00 – Общая биология

03.02.03 – Микробиология

03.02.14 – Биологические ресурсы

##### Сельскохозяйственные науки 06.00.00:

06.01.00 – Агрономия

06.01.01 – Общее земледелие

06.01.02 – Мелиорация, рекультивация и охрана земель

06.01.05 – Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений

##### Технические науки 05.00.00:

05.20.00 Процессы и машины агроинженерных систем

05.20.01 – Технология и средства механизации сельского хозяйства

Согласно договору с Научной электронной библиотекой eLIBRARY.RU №708-11/2015 от 09.11.2015 г. журнал включён в систему Российского индекса научного цитирования (РИНЦ).

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

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

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

Russian Science  
Citation Index



РОССИЙСКИЙ ИНДЕКС  
НАУЧНОГО ЦИТИРОВАНИЯ

Science Index



AGRIS



ULRICHSWEB™  
GLOBAL SERIALS DIRECTORY



Google  
Академия



АНТИПЛАГИАТ



## **Алабушев Андрей Васильевич**

28 января 2020 года трагически ушел из жизни Алабушев Андрей Васильевич – академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, директор ФГБНУ «АНЦ «Донской», член редакционной коллегии научного журнала «Таврический вестник аграрной науки».

Научная деятельность Андрея Васильевича была связана с зерноградской опытной станцией, Всероссийским научно – исследовательским институтом селекции и семеноводства сорговых культур, где он прошел путь от младшего научного сотрудника, заведующего отделом, заместителя директора института, а с 1999 года возглавил Государственное научное учреждение «Всероссийский научно – исследовательский институт зерновых культур имени И.Г. Калининко» (ныне - ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»).

За свою научную деятельность Андрей Васильевич опубликовал 240 научных трудов. Он является автором 21 сорта зерновых и кормовых сельскохозяйственных культур. Его работы посвящены актуальным вопросам производства зерна в России, анализу тенденции его производства, определению научных приоритетов, теоретическому обоснованию параметров моделей экологически сбалансированного плодородия почв, изучению и разработке адаптивных технологий, обеспечивающих повышение продуктивности севооборотов. Им сформулированы основные положения сортовой агротехники озимой пшеницы, адаптивной технологии выращивания сорго на длительную перспективу. Результаты его исследований включены в системы ведения сельского хозяйства Ростовской области, в рекомендации по освоению адаптивных экологически и экономически обоснованных технологий зерновых культур.

Алабушев А.В. был талантливым организатором. Его трудовая и научная деятельность была отмечена множеством правительственных наград федерального и регионального уровней.

Алабушев А.В. активно содействовал организации и укреплению системы семеноводства, совершенствованию организационно – экономического механизма управления селекционно – семеноводческим процессом в новых экономических условиях в Южном федеральном округе.

При непосредственном участии Алабушева Андрея Васильевича в Республике Крым была проведена сортомена по основным зерновым культурам и рекомендованы для возделывания сорта селекции «АНЦ «Донской», проявившие высокую адаптивность в условиях Крыма. Сотрудники ФГБНУ «НИИСХ Крыма» знали Андрея Васильевича не только как ученого – агрария с мировым именем, а как замечательного, открытого человека, надежного друга и советчика, готового поддержать в трудную минуту. Андрей Васильевич принимал активное участие в мероприятиях, проводимых на базе «НИИСХ Крыма», где делился научными успехами и достижениями «АНЦ «Донской», новыми сортами и селекционными номерами озимой пшеницы, озимого и ярового ячменя.

Светлая память об Алабушеве Андрее Васильевиче навсегда останется в наших сердцах, а созданные им сорта и научные труды будут способствовать повышению эффективности растениеводческой отрасли Российской Федерации.

СОДЕРЖАНИЕ

Войцуцкая Н. П., Лоскутов И. Г. ПОЛЕВАЯ ОЦЕНКА КОЛЛЕКЦИОННЫХ ОБРАЗЦОВ ОВСА ПОСЕВНОГО НА УСТОЙЧИВОСТЬ К КОРОНЧАТОЙ И СТЕБЛЕВОЙ РЖАВЧИНАМ	7
Егорова Н. А. ОПТИМИЗАЦИЯ УСЛОВИЙ ПОЛУЧЕНИЯ И ХАРАКТЕРИСТИКА СУСПЕНЗИОННОЙ КУЛЬТУРЫ ЛАВАНДЫ	19
Костенкова Е. В., Бушнев А. С., Василько В. П. УРОЖАЙНОСТЬ КОНДИТЕРСКОГО ПОДСОЛНЕЧНИКА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ	31
Маслов Г. Г., Юдина Е. М. КОНЦЕПЦИЯ НОВОГО ПОДХОДА К МЕХАНИЗАЦИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР	39
Матущенко А. Е., Курасов В. С., Цыбулевский В. В. ОПТИМИЗАЦИЯ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ КАТУШЕЧНОГО ВЫСЕВАЮЩЕГО АППАРАТА ДЛЯ ПОСЕВА СЕМЯН РАПСА	48
Пась А. Н. ЭФФЕКТИВНОСТЬ МИКРОБНЫХ ПРЕПАРАТОВ ПРИ ИНТРОДУКЦИИ <i>TULIPA × HYBRIDA</i> НОРТ В УСЛОВИЯХ ПРЕДГОРНОГО КРЫМА	56
Плотников Д. Е., Ёлкина Е. С., Дунаева Е. А., Хвостиков С. А., Лупян Е. А., Барталёв С. А. РАЗВИТИЕ МЕТОДА АВТОМАТИЧЕСКОГО РАСПОЗНАВАНИЯ ОЗИМЫХ КУЛЬТУР НА ОСНОВЕ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ОЦЕНКИ ИХ СОСТОЯНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ КРЫМ	64
Припоров Е. В. ОПТИМАЛЬНАЯ ЗАГРУЗКА ДВИГАТЕЛЯ ТРАКТОРА В СОСТАВЕ ПОСЕВНОГО АГРЕГАТА	83
Соколенко О. Н. ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ДВИЖЕНИЯ ОДНОУРОВНЕВОЙ ГИДРОПОННОЙ УСТАНОВКИ С УПРУГИМИ НЕСУЩИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ	91
Турина Е. Л. ЗНАЧЕНИЕ САФЛОРА КРАСИЛЬНОГО ( <i>CARTHAMUS TINCTORIUS</i> L.) И ОБОСНОВАНИЕ АКТУАЛЬНОСТИ ИССЛЕДОВАНИЙ С НИМ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ СТЕПИ КРЫМА (ОБЗОР)	100

CONTENTS

Voytsutskaya N. P., Loskutov I. G. FIELD ASSESMENT OF THE COLLECTION SAMPLES OF <i>AVENA SATIVA</i> FOR RESISTANCE TO CROWN AND STEM RUST UNDER CONDITION OF KUBAN BRANCH OF VIR	7
Yegorova N. A. OPTIMIZATION OF THE CONDITIONS FOR OBTAINING AND CHARACTERISATION OF LAVENDER SUSPENSION CULTURE	19
Kostenkova E. V., Bushnev A. S., Vasilko V. P. YIELD OF CONFECTIONERY SUNFLOWER DEPENDING ON THE ELEMENTS OF CULTIVATION TECHNOLOGY	31
Maslov G. G., Yudina E. M. THE CONCEPT OF A NEW APPROACH TO THE MECHANIZATION OF FIELD CROPS CULTIVATION	39
Matushenko A. E., Kurasov V. S., Tsybulevsky V. V. OPTIMIZATION OF THE MAIN PARAMETERS OF THE COIL METER FOR SOWING RAPESEED	48
Pas' A. N. EFFECTIVENESS OF MICROBIAL PREPARATIONS IN INTRODUCTION <i>TULIPA</i> × <i>HYBRIDA</i> HORT IN THE FOOTHILL ZONE OF THE CRIMEA	56
Plotnikov D. E., Elkina E. S., Dunaieva Ie. A., Khvostikov S. A., Loupian E. A., Bartalev S. A. DEVELOPMENT OF THE METHOD FOR AUTOMATIC WINTER CROPS MAPPING BY MEANS OF REMOTE SENSING AIMED AT CROPS STATE ASSESSMENT OVER THE REPUBLIC OF CRIMEA	64
Priporov Ye. V. OPTIMAL LOADING OF THE TRACTOR ENGINE AS PART OF THE SOWING UNIT	83
Sokolenko O. N. RESEARCH OF DYNAMICS OF MOTION OF A SINGLE-LEVEL HYDROPONIC INSTALLATION WITH ELASTIC LOAD-BEARING ELEMENTS	91
Turina E. L. <i>CARTHAMUS TINCTORIUS</i> L. VALUE AND THE RELEVANCE OF THE RESEARCH WITH THIS CROP IN THE CENTRAL STEPPE OF THE CRIMEA (REVIEW)	100

DOI 10.33952/2542-0720-2020-1-21-7-18

УДК 633.13:631.52

Войцуцкая Н. П.<sup>1</sup>, Лоскутов И. Г.<sup>2</sup>

## ПОЛЕВАЯ ОЦЕНКА КОЛЛЕКЦИОННЫХ ОБРАЗЦОВ ОВСА ПОСЕВНОГО НА УСТОЙЧИВОСТЬ К КОРОНЧАТОЙ И СТЕБЛЕВОЙ РЖАВЧИНАМ

<sup>1</sup>Кубанская опытная станция – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр

Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова»;

<sup>2</sup>ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова»

**Реферат.** Эффективность возделывания овса в отдельные годы снижается из-за поражения его болезнями. Исследования, направленные на поиск новых генетических источников для создания устойчивых сортов, являются актуальным решением проблемы. Цель исследования – скрининг коллекционных образцов овса различного эколого-географического происхождения для выявления источников устойчивости к ржавчинным заболеваниям и включения их в селекционные программы. Полевую оценку выполняли в 2014–2017 гг. в условиях Кубанской опытной станции филиала ВИР. Метеоусловия в годы исследований отличались по гидротермическому режиму. В 2014 и 2016 гг. наблюдали обильные осадки и невысокие температуры. Повышенными температурами характеризовались 2015 и 2017 гг. В естественных условиях изучали 150 образцов овса различного эколого-географического происхождения из коллекции ВИР, стандарт – сорт Валдин 765. Учет поражения проводили по шкале, предложенной Н. И. Вавиловым и усовершенствованной отделом иммунитета ВИР в баллах (1–9), где 1 балл – устойчивость очень низкая, 3 – низкая, 5 – средняя, 7 – высокая, 9 – очень высокая. По интенсивности поражения сорта дифференцировали по шкале Петерсона: признаки поражения отсутствуют – устойчивость очень сильная; поражение 0,1–5,0 % – сильная; 5,1–25,0 % – средняя, 25,1–50,0 % – слабая, более 50 % – очень слабая. Исходный материал также оценивали по урожайности, устойчивости к полеганию, массе 1000 зерен. Образцы высевали в трех повторностях, площадь делянки – 2 м<sup>2</sup>, предшественник – горох на зерно. По результатам изучения выделили четырнадцать образцов, устойчивых (9 баллов) к корончатой ржавчине, 16 – к стеблевой ржавчине. Образцы Мутика 1120, Среднеспелый 1, У-70/14, Закат, Элегант, URS Guana, URS Tarimba обладали групповой устойчивостью. Устойчивыми к болезням в сочетании с высокой урожайностью (на 4–9 % больше стандарта) оказались сортообразцы Раньостыглый (Украина), Элегант (Белоруссия), Flocke (Германия). Их можно рекомендовать для включения в селекционные программы.

**Ключевые слова:** овес (*Avena sativa* L.), корончатая ржавчина (*Puccinia coronata* Cda. f. sp. *avenae* Fraser et Led.), стеблевая ржавчина (*Puccinia graminis* Pers. f. sp. *avenae* Eriks.), устойчивость, оценка, восприимчивость.

### Введение

Овес – одна из важнейших зернофуражных и продовольственных культур мира, по сумме посевных площадей она располагается на пятом месте после пшеницы, риса, кукурузы и ячменя [1]. Зерно овса используют для откорма сельскохозяйственных животных и птицы. Оно отличается высокой питательностью: 1 кг овса соответствует 1 к. е. с содержанием 85–92 г перевариваемого протеина. Зеленую массу применяют как сочный корм, сено, силос, сенаж, травяную муку. Овес является лучшим компонентом в смешанных посевах с горохом, викой и чинной, а также как однолетняя пастбищная культура.

Его используют для производства хлопьев, крупы недробленной, плющеной, толокна, суррогата кофе, киселей и печенья. Овсяные продукты используют для производства пищевых концентратов, загустителей для соусов, наполнителей для паштетов [2, 3].

В России основные посевные площади сосредоточены в Нечерноземной зоне, районах Западной и Восточной Сибири. На юге России, несмотря на периодические засухи, эта культура может формировать высокие урожаи. В 2017 г. по сведениям Управления Федеральной службы государственной статистики по Краснодарскому краю и Республики Адыгея в Краснодарском крае овес выращивали на площади более 8 тыс. га; при урожайности 33,9 ц/га его валовой сбор составил более 30 тыс. т [4]. В отдельные годы эффективность возделывания овса снижается из-за поражения его грибными заболеваниями. В последнее время на фитосанитарную обстановку отрицательно влияют происходящие изменения агроклиматической сферы. Изменения климата приводят к появлению новых агрессивных рас и патотипов и возрастанию вредоносности ряда биообъектов [5]. Наиболее важные фитосанитарные проблемы – усиление развития вредных организмов, которые ранее не имели хозяйственного значения, изменение ареалов их распространения и условий развития в ценозах, повышение опасности их массового распространения, возможность ассимиляции на территории России новых более теплолюбивых вредящих биообъектов (виды, расы, биотипы и др.) [6].

На все элементы агроценоза, в том числе и на фитопатологический комплекс оказало негативное влияние распространение в последние годы технологий сберегающего (почвозащитного) земледелия, увеличение посевных площадей с поверхностной обработкой почвы и применение севооборотов с короткими ротациями для зерновых колосовых культур. В результате чего возросли потенциалы почвенных инфекций, а также обитающих в почве вредителей и сорных растений [7–10].

В посевах овса Кубанской опытной станции наибольшим распространением и вредоносностью характеризуются корончатая ржавчина (*Puccinia coronata* Cda. f. *sp. avenae* Fraser et Led.) и стеблевая ржавчина (*Puccinia graminis* Pers. f. *sp. avenae* Eriks.), снижающие продуктивность растений, а также посевные и технологические качества собранного зерна. Возбудитель корончатой ржавчины – двудомный гриб из семейства пукциниевых; это заболевание является наиболее вредоносным для посевов овса. Корончатая ржавчина распространена по всему миру и обнаружена во всех зонах возделывания культуры [11]. В результате поражения этим заболеванием у растений происходит нарушение ассимиляции, понижение ферментативной активности, усиление транспирации, преждевременное усыхание листового аппарата, при этом снижается засухоустойчивость и изменяются репродуктивные органы. Потери урожая составляют в среднем 10–20 %, а в годы эпифитотии – 50–100 % [12, 13]. Болезнь диагностируют во второй половине вегетации овса в стадии урединиоспор в основном на верхней стороне листьев и влагалищах. Урединиоспоры – ярко- или ржаво-оранжевые, вначале прикрытые эпидермисом, затем порошащие. Они разносятся ветром и, попадая в капельки воды на листья, заражают растения овса. В течение вегетационного периода овса урединиоспоры образуют несколько поколений. Промежуточный хозяин патогена – крушина слабительная (*Phamnus cathartica* L.). На ее листьях развиваются эции. Благоприятные условия для развития патогена создаются при часто выпадающих осадках и поздних посевах. Температурный оптимум для существования и развития гриба фиксируется от 18 °С до 21 °С [14].

Стеблевая ржавчина – повсеместно распространенное заболевание [15]. Источник первичной инфекции – телиоспоры гриба, зимующие на растительных



остатках. Весной телиоспоры прорастают базидиями с базидиоспорами. Разлетаясь, они попадают на барбарис. На нижней стороне листьев формируются эции. Под эпидермисом развивается грибница, прорастающая ржаво-бурыми продолговатыми сливающимися урединиями с урединиоспорами, которые в течение вегетации могут дать несколько поколений, чем объясняется быстрое распространение заболевания. Эпифитотии возможны при теплой (15–30 °С) и влажной погоде [16]. У пораженных растений уменьшается площадь фотосинтезирующей поверхности стеблей и листовых влагалищ; из-за многочисленных разрывов эпидермиса усиливается транспирация, нарушается водный баланс. При сильном развитии болезни недобор урожая может достигать 60 %. Одновременно в зерновке значительно уменьшается количество аспарагиновой и глютаминовой кислот. От повреждения овса стеблевой ржавчиной резко снижается масса зерна, иногда более чем на 50 %. В отдельные годы при благоприятных для развития возбудителя погодных условиях болезнь может охватить большие территории, нанося огромный урон урожаю зерновых [17].

Одно из важнейших требований к современным сортам сельскохозяйственных культур – невосприимчивость к биотическим стрессорам, которая позволяет снизить или исключить применение пестицидов и получать гарантированный урожай высокого качества [8, 18–20]. Устойчивость растений овса к инфекционным заболеваниям необходимо рассматривать как одно из первостепенных биологических свойств в ходе оценки исходного материала [21].

В селекции на устойчивость к болезням одним из перспективных направлений должно быть расширение генетического разнообразия возделываемых сортов. Начальный этап создания сорта – поиск новых источников необходимого признака среди коллекционных образцов.

**Цель исследований** – скрининг коллекционных образцов овса различного эколого-географического происхождения для выявления источников устойчивости к ржавчинным заболеваниям и включения их в селекционные программы.

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

Исследования проводили на Кубанской опытной станции – филиале Всероссийского института растениеводства (КОС ВИР) в 2014–2017 гг. Материалом для исследований служили 150 новых сортов овса, пополнивших мировую коллекцию ВИР в последние годы, среди них 132 пленчатых и 18 голозерных форм. Основная часть (51 %) изучаемых сортов – европейской селекции, 27 % – отечественной, 9 % – сорта из Бразилии и США, 8 % – из Китая и Казахстана, 5 % – из Эфиопии, Туниса и Австралии. В качестве стандарта для полевой оценки образцов на устойчивость к корончатой и стеблевой ржавчинам, а также для оценки хозяйственно ценных признаков использовали сорт Валдин 765.

Почва – предкавказский слабовыщелоченный малогумусный сверхмощный чернозем, сформированный на карбонатном суглинке. Мощность гумусовых горизонтов – 130–170 см. Содержание гумуса в поверхностных горизонтах почвы (по Тюрину) – 4,28–4,04 %, общего азота – 0,23 %, подвижного фосфора (по Мачигину) – 3,15 мг/100 г почвы, обменного калия (по Пейве) – 21,0 мг/100 г почвы; уровень кислотности (электрометрический метод) – 8,54, сумма обменных оснований (по Гедройцу) – 29,12 %.

Метеорологические условия в годы проведения исследований различались по гидротермическому режиму. В 2014 г. отмечены обильные осадки и невысокие температуры. В мае удерживалась теплая и влажная погода. Средняя температура месяца составляла 18,8 °С, сумма осадков – 115 мм, что на 53 мм больше нормы. Лето было не жарким. Средняя температура была близка к норме и составила 23,3 °С. Осадки выпадали неравномерно. Наибольшее их количество (33,9 мм)

выпало во второй декаде июня. В июле 35 мм осадков выпало в первой декаде – это больше половины месячного количества. В период «цветение–молочная спелость зерна» наблюдали повышенную влажность воздуха (73–75 %), температура достигала 20 °С. Такие условия оказались провокационными для развития ржавчинных грибов.

Повышенными температурами и неравномерным выпадением осадков отличался 2015 г. – средняя температура за летний период превысила среднемноголетнюю на 1,4 °С и составила 23,4 °С. В семи (из девяти) декадах летних месяцев зафиксировано превышение среднемноголетних температур воздуха. Абсолютный максимум июля составил 41,7 °С, августа – 40,3 °С. В мае выпало 107 мм, в июне – 82 мм, что на 45 и 6 мм выше среднемноголетней нормы соответственно. В июле и августе отмечали недобор осадков, который составил 4 мм и 51 мм соответственно. Относительная влажность воздуха в июле составила 62 %, в августе – 46 %, что на 1 и 17 % ниже среднемноголетних значений соответственно. Кроме того, отмечали суховеи. Неустойчивое распределение осадков в сочетании с высокой температурой воздуха с суховеями во второй половине лета способствовало плохому наливу зерна.

Условия 2016 г. были благоприятными для оценки изучаемого материала на устойчивость к полеганию и устойчивость к корончатой и стеблевой ржавчинам. Среднемесячная температура весеннего периода составила 12,2 °С при норме 10,3 °С, осадков выпало 216 мм при среднемноголетней норме 147 мм. Средняя температура воздуха летних месяцев составила 23,4 °С, что на 1,5 °С выше многолетней. Абсолютный максимум температуры (39,8 °С) зарегистрировали во второй декаде июля. Сумма осадков составила 232 мм при норме 184 мм, дожди выпадали в сопровождении сильного ветра. В июне (23) был ливневый дождь с выпадением града – за один час выпало 28,3 мм осадков, град продолжался 20 минут, диаметр градин достигал 26 мм, что привело к сильному полеганию растений.

В 2017 г. весна была прохладной и дождливой – всего осадков выпало 221 мм, что на 74 мм больше нормы. Сумма активных температур за весенний период составила 736 °С, недобор – 59 °С. Летний период характеризовался резкими колебаниями среднесуточных дневных и ночных температур воздуха в июне и июле. Среднемесячная температура за сезон составила 23,3 °С, что на 1,4 °С выше нормы. Количество осадков выпало в пределах среднемноголетней нормы – 182 мм. В целом 2017 г. был благоприятным для раскрытия потенциальной продуктивности изученных сортообразцов овса.

Таким образом, метеоусловия 2014 и 2016 гг. оказались благоприятными для оценки коллекционных образцов овса по устойчивости к возбудителям корончатой и стеблевой ржавчин в условиях Краснодарского края.

Площадь одной делянки – 2 м<sup>2</sup>, повторность опытов трехкратная, стандарт высевали через каждые 20 делянок. Предшественник – горох на зерно. Агротехника – общепринятая для зоны, удобрения не вносили. Закладку опытов и изучение проводили в соответствии с «Методическими указаниями по изучению мировой коллекции ячменя и овса» [22, 23], «Международным классификатором СЭВ рода *Avena L.*» [24], а также руководствуясь «Методикой полевого опыта» [25].

Изучение исходного материала проводили на естественном фоне развития *P. coronata* и *P. graminis*. Учет поражения проводили по шкале, предложенной Н. И. Вавиловым, усовершенствованной отделом иммунитета ВИР в баллах, где 1 балл – устойчивость очень низкая, 3 – низкая, 5 – средняя, 7 – высокая, 9 – очень высокая. По интенсивности поражения сорта дифференцировали по шкале Петерсона и соавторов: признаки поражения отсутствуют – устойчивость очень сильная (9 баллов); поражение 0,1–5,0 % – сильная (7 баллов); 5,1–25,0 % – средняя

(5 баллов), 25,1–50,0 % – слабая (3 балла), более 50 % – очень слабая (1 балл) [14]. Исследуемый исходный материал изучали по следующим хозяйственно ценным признакам: урожайность, устойчивость к полеганию, масса 1000 зерен.

Полученные результаты обрабатывали методом дисперсионного и корреляционного анализов [25] с использованием программы Microsoft Excel.

#### Результаты и их обсуждение

Максимальное поражение ржавчинными грибами образцов овса в полевых условиях отмечено в 2014 г. Средний балл поражения за годы исследования – 5. Размах варьирования устойчивости сортообразцов к патогенам – от 1 до 9 баллов. Устойчивость стандарта Валдин 765 к корончатой и стеблевой ржавчинам – 5 баллов. Доля сортообразцов, имеющих полевую устойчивость к корончатой ржавчине, составила 39,5 % (рисунок 1).

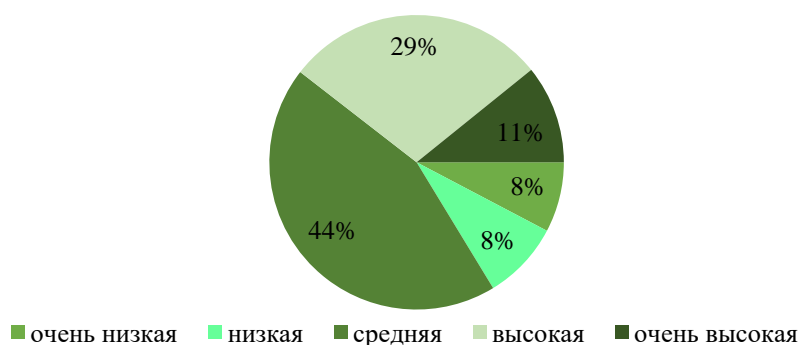


Рисунок 1 – Распределение образцов по устойчивости к *Puccinia coronata* (среднее за 2014–2017 гг.)

В результате полевой оценки очень низкая и низкая устойчивость к возбудителю корончатой ржавчины (1–3 балла) отмечена у 29 образцов: Залп (Мурманская обл.), Deresz, Cwal (Польша), Husky, Pergamon, Rocky, Carron (Германия), Steinar (Финляндия), DinYan 6 (Китай) и др. Устойчивость (9 баллов) проявили четырнадцать сортов: Орфей (Алтайский край), URS Tarimba (Бразилия), URS Guana (Бразилия), Элегант (Беларусь), Среднеспелый 1, Скороспелый 2 (Ленинградская обл.), Мутика 1120 (Омская обл.), У-70/14, У-77/14 (Ульяновская обл.), Kalle (Германия), Закат, Раньостыглый (Украина), Никола (Казахстан), Brusher (Австралия).

В среднем за 2014–2017 гг. доля пораженных стеблевой ржавчиной сортов составила 74,8 % (рисунок 2).

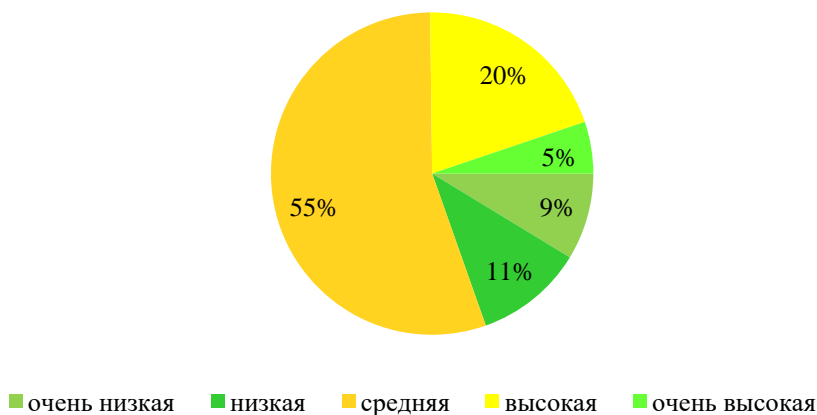
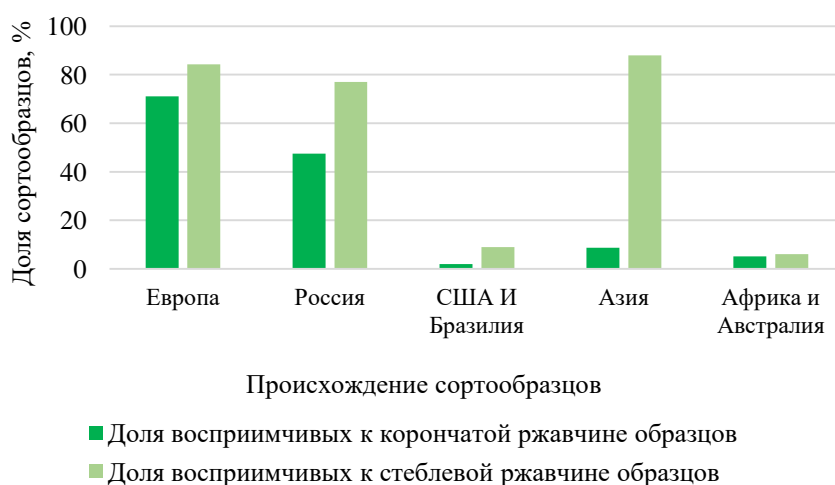


Рисунок 2 – Распределение образцов по устойчивости к *Puccinia graminis* (среднее за 2014–2017 гг.)

Наибольшее заражение возбудителем стеблевой ржавчины (1–3 балла) отмечали у 25 образцов, среди них сорта Hecht, Pergamon, Rocky, Simon (Германия), Местный (Великобритания), Deresz (Польша) и др. Устойчивыми (9 баллов) оказались 16 сортов: Сапсан (Кировская обл.), Янтарь (Мурманская обл.), Мутика 1120 (Омская обл.), У 70/14 (Ульяновская обл.), Среднеспелый 1 (Ленинградская обл.), Пибанд (Ленинградская обл.), Гаврош (Кемеровская обл.), Flocke, Rasputin, Kaplan (Германия), Terruf (США), Элегант (Беларусь), Владыка (Беларусь), Закат (Украина), URS Tarimba (Бразилия), URS Guana (Бразилия).

К корончатой ржавчине высокую и очень высокую устойчивость проявили 39,5 % изученных образцов. Наибольшее их количество отмечено среди образцов США и Бразилии – 98,0 %. По устойчивости к стеблевой ржавчине выделено 25,2 % образцов, больше всего их среди сортов из Австралии и Африки – 94,4 %.



**Рисунок 3 – Поражаемость коллекционных образцов овса *P. coronata* и *P. graminis* (среднее за 2014–2017 гг.)**

Оценивая поражение сортов различного эколого-географического происхождения, следует отметить высокую долю форм с очень низкой и низкой устойчивостью к корончатой ржавчине среди сортов западноевропейской и российской селекции (71,1 % и 47,5 % соответственно). Большая часть пораженных сортов стеблевой ржавчиной отмечена среди европейских (84,2 %), российских (76,8 %) и сортов азиатского происхождения (88,2 %) (рисунок 3). Использование устойчивых сортов особенно важно при возделывании голозерного овса. Сегодня большое внимание в селекции овса отводят голозерным формам, которые имеют существенные преимущества по качеству зерна – более высокое процентное содержание белка (до 20,2 % и более), масла (до 7,0 % и более), аминокислот (лизина и аргинина) по сравнению с пленчатыми формами [26]. Недостаток при их возделывании – более высокая восприимчивость к болезням, что негативно влияет на урожай и качество зерна.

По результатам полевой оценки поражаемости коллекционных образцов овса корончатой ржавчиной половина голозерных образцов оказались неустойчивы к заболеванию (3–5 баллов). Наиболее низкая устойчивость (3 балла) к патогену была отмечена у сорта DinYan 6 (Китай). Признаков заболевания не обнаружено (7–9 баллов) у образцов: У-70/14 (Ульяновская обл.), Пибанд (Ленинградская обл.), Гаврош (Кемеровская обл.), Смачный, Визит (Украина), Avoine (Франция), BaiYan 2 (Китай).

Сильнее других стеблевой ржавчиной поражен (устойчивость – 3 балла) сорт Местный из Великобритании. Устойчивость на уровне 9 баллов проявили образцы Гаврош (Кемеровская обл.), Пибанд (Ленинградская обл.), У-70/14 (Ульяновская обл.).

Большое значение для использования в селекции имеют сорта, обладающие групповой устойчивостью к болезням. Изучение исходного материала позволило выделить девять образцов, устойчивых одновременно к корончатой и стеблевой ржавчинам – это Мутика 1120 (Омская обл.), Среднеспелый 1 (Ленинградская обл.), У-70/14 (Ульяновская обл.), Закат (Украина), Элегант (Белоруссия), URS Guana, URS Tarimba (Бразилия).

В процессе исследований выделена группа сортов, обладающих, наряду с устойчивостью к корончатой или стеблевой ржавчинам, комплексом других положительных признаков, перспективных для селекционного использования (таблица 1):

**Таблица 1 – Перспективный исходный материал для селекции овса  
(среднее за 2014–2017 гг.)**

№ каталога ВИР	Сорт	Происхождение	Устойчивость к ржавчине, балл		Устойчивость к полеганию, балл	Масса 1000 зерен, г	Урожайность зерна, г/м <sup>2</sup>
			корончатой	стеблевой			
14574	Валдин 765 (St.)	Краснодарский край	5	5	9	32,8	692,0
15444	Сапсан	Кировская обл.	5	9	5	28,3	757,0
15408	Владыка	Беларусь	5	9	9	21,4	458,7
15463	Элегант	Беларусь	9	9	7	32,2	749,3
15389	Никола	Казахстан	9	5	9	30,3	591,0
15548	Скороспелый 2	Ленинградская обл.	9	7	7	31,5	569,4
15549	Среднеспелый 1	Ленинградская обл.	9	9	5	24,7	603,1
15503	Раньостыглый	Украина	9	7	5	36,0	730,0
15509	Flocke	Германия	7	9	7	36,0	759,2
15510	Karlan	Германия	5	9	7	37,8	797,4
15440	Пибанд	Ленинградская обл.	7	9	9	25,6	243,6
15384	Закат	Украина	9	9	5	31,8	667,8
15485	Мутика 1120	Омская обл.	9	9	7	32,2	492,9
15441	Янтарь	Мурманская обл.	7	9	7	34,9	456,2
15452	Орфей	Алтайский край	9	7	5	32,1	532,6
15439	Гаврош	Кемеровская обл.	7	9	5	20,2	320,2
15573	У-70/14	Ульяновская обл.	9	9	5	21,6	390,3
15574	У-77/14	Ульяновская обл.	9	7	7	32,7	625,0
15443	Аватар	Кировская обл.	5	5	7	30,5	717,5
15474	Terruf	США	7	9	3	28,6	368,4
15172	Brusher	Австралия	9	7	9	33,8	424,7
15484	URS Guana	Бразилия	9	9	9	40,6	571,8
15485	URS Tarimba	Бразилия	9	9	9	43,8	510,3
15466	Kalle	Германия	9	5	5	32,4	629,3
15410	Duffi	Германия	5	5	7	31,8	774,1
15426	Warva	Германия	5	5	7	34,8	693,5
15136	Effectiv	Германия	5	5	9	33,7	731,9
15409	Rasputin	Германия	5	9	5	30,2	665,7
15419	Krezus	Германия	5	5	9	31,7	719,2
15472	Symphony	Германия	5	5	9	34,12	759,2
15516	Zorro	Германия	5	5	5	30,8	765,5
НСР <sub>05</sub>						5,3	76,3

– по устойчивости к полеганию (9 баллов) – Пибанд (Ленинградская область), Brusher (Австралия), Владыка (Беларусь), Никола (Казахстан), URS Guana, URS Tarimba (Бразилия);

– по продуктивности выше чем, у стандарта (692 г/м<sup>2</sup>) на 4–15 % – Сапсан (Кировская обл.), Раньостыглый (Украина), Элегант (Белоруссия), Flocke, Kaplan (Германия);

– по показателям элементов структуры урожая: масса 1000 зерен (40,6–43,8 г) – URS Guana, URS Tarimba (Бразилия); число колосков в метелке (55 шт.) – Мутика 1120 (Омская обл.); масса зерна с метелки (2,3–2,9 г) – Орфей (Алтайский край), У-77/14 (Ульяновская обл.), Kalle, Warva (Германия), Закат, Смачный (Украина); низкая пленчатость (19 %) – Закат (Украина).

Выделены высокопродуктивные (718–774 г/м<sup>2</sup>), но неустойчивые к поражению корончатой и стеблевой ржавчиной (3–5 баллов) образцы – Аватар (Кировская обл.), Duffi, Effectiv, Krezus, Symphony, Zorro (Германия).

В годы исследований проанализировано состояние метеоусловий в течение вегетационного периода овса и выявлены критические периоды онтогенеза для развития корончатой и стеблевой ржавчин. Исходя из наибольших значений коэффициентов корреляций, развитие корончатой ржавчины в основном отмечали в межфазный период «колошение–молочная спелость зерна», стеблевой ржавчины – «молочная спелость зерна–восковая спелость» (таблица 2).

**Таблица 2 – Коэффициент корреляции между степенью поражения корончатой и стеблевой ржавчиной и метеорологическими условиями (среднее за 2014–2017 гг.)**

Степень развития заболевания, %	Среднесуточная температура воздуха, °С (май–июль)				Сумма осадков, мм (май–июль)			
	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.
	Межфазный период «колошение–молочная спелость зерна»							
Корончатая ржавчина	–0,42**	–0,17	–0,65**	0,1	0,32	–0,11	0,24	0,18
	Межфазный период «молочная спелость зерна–восковая спелость»							
Стеблевая ржавчина	–0,29	0,12	–0,91**	–0,12	0,50**	0,09	0,66**	0,04

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

Развитие корончатой и стеблевой ржавчин возрастало в прохладных условиях 2014 и 2016 гг. Также установлена средняя положительная связь между проявлением стеблевой ржавчины и количеством выпадавших осадков ( $r = 0,50$ ;  $r = 0,66$ ).

#### Выводы

В результате полевой оценки 150 новых коллекционных сортов овса различного эколого-географического происхождения в условиях КОС ВИР были выделены перспективные образцы для использования в селекции на устойчивость:

– к корончатой ржавчине (9 баллов) – Орфей (Алтайский край), Среднеспелый 1, Скороспелый 2 (Ленинградская обл.), Мутика 1120 (Омская обл.), У-70/14, У-77/14 (Ульяновская обл.), Kalle (Германия), Закат, Раньостыглый (Украина), Элегант (Белоруссия), Никола (Казахстан), Brusher (Австралия), URS Tarimba (Бразилия), URS Guana (Бразилия).

– к стеблевой ржавчине (9 баллов) – Сапсан (Кировская обл.), Янтарь (Мурманская обл.), Мутика 1120 (Омская обл.), У 70/14 (Ульяновская обл.), Среднеспелый 1 (Ленинградская обл.), Пибанд (Ленинградская обл.), Гаврош (Кемеровская обл.), Flocke, Rasputin, Kaplan (Германия), Terruf (США), Элегант

(Беларусь), Владыка (Беларусь), Закат (Украина), URSTarimba (Бразилия), URS Guana (Бразилия).

Выделены сорта с групповой устойчивостью к обоим заболеваниям – Мутика 1120 (Омская обл.), Среднеспелый 1 (Ленинградская обл.), У-70/14 (Ульяновская обл.), Закат (Украина), Элегант (Белоруссия), URS Guana, URS Tarimba (Бразилия).

Результаты изучения устойчивости к болезням в сочетании с хозяйственно ценными признаками позволили выделить образцы, превосходящие по урожайности стандартный сорт Валдин 765 (692 г/м<sup>2</sup>) на 4–9 %. К группе высокоурожайных сортов отнесены Раньостыглый (Украина), Элегант (Белоруссия), Flocke, (Германия).

Все выделенные образцы могут быть рекомендованы для включения в селекционные программы Краснодарского края и других территорий Северо-Кавказского региона Российской Федерации.

*Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по теме № 0662-2019-0006.*

### Литература

1. Баталова Г. А. Овес. Технология возделывания и селекция. Киров: Зональный НИИСХ Северо-Востока, 2000. 200 с.
2. Янова М. А., Цугленок Г. И., Иванова Т. С. Использование голозерных форм ячменя и овса в производстве пищевых продуктов // Вестник КрасГАУ. 2012. № 4 (67). С. 203–205.
3. Баталова Г. А. Формирование урожая и качества зерна овса // Достижения науки и техники АПК. 2010. № 11. С. 10–13.
4. Управление Федеральной службы государственной статистики по Краснодарскому краю и Республике Адыгея (Краснодарстат). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://krsdstat.gks.ru> (дата обращения 15.12. 2018).
5. Семенова А. П. Фитосанитарная обстановка и опасность возникновения чрезвычайных ситуаций в растениеводческом комплексе России // Проблемы прогнозирования чрезвычайных ситуаций: сборник материалов. М.: Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России, 2002. С. 75–76.
6. Санин С. С. Проблемы фитосанитарии России на современном этапе // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии – МСХА имени К. А. Тимирязева. 2016. Вып. 6. С. 45–55.
7. Новикова Л. Ю., Дюбин В. Н., Лоскутов И. Г., Зуев Е. В., Ковалева О. Н., Пороховинова Е. А., Сеферова И. В., Булынец С. В., Артемьева А. М., Киру С. Д., Рогозина Е. В., Наумова Л. Г. Анализ динамики хозяйственно ценных признаков сортов сельскохозяйственных культур в условиях изменения климата // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2013. Т. 173. С. 102–119.
8. Лоскутов И. Г. Овес (*Avena L.*) Распространение, систематика, эволюция и селекционная ценность. СПб.:ООО «Копи-Р», 2007. 336 с.
9. Санин С. С. Фитосанитарные проблемы интенсивного растениеводства // Защита и карантин растений. 2013. № 12. С. 3–9.
10. Жученко А. А. Ресурсный потенциал производства зерна в России (теория и практика). М.: Агрорус, 2004. 1109 с.
11. Simons M. D. Crown rust // In book: The cereal rusts: diseases, distribution, epidemiology and control. Ed. by Roelfs A. P., Bushnell W. R. USA, NY: Academic Press, 1985. P. 132–172.
12. Шкалик В. А., Белошапкина О. О., Букреев Д. Д. Защита растений от болезней. М.: Колос, 2003. 255 с.
13. Дмитриев А. П. Ржавчина овса. СПб.: ВИЗР, 2000. 112 с.
14. Станчева Й. Атлас болезней сельскохозяйственных культур. Часть 3. Болезни полевых культур. София-Москва: «Пенсофт», 2003. С. 175.
15. Zillinsky F. Y. Common diseases of small grain cereals: A guide to identification. Mexico: D. F. CIMMYT, 1983. 141 p.
16. Wallwork H. Cereal leaf and stem diseases // Grains research and development corporation. Australia: Barton, 1992. 102p.
17. Гешеле Э. Э. Основы фитопатологической оценки в селекции растений. М.: Колос, 1978. 53 с.
18. Назарова Л. Н., Соколова Е. А. Прогрессирующие болезни зерновых культур // Агро XXI. 2000. № 4. С. 2–3.

19. Шпаар Д., Хартлеб Х., Шпанакакис А., Фишер Х., Крацш Г. Устойчивость сорта как составной элемент интегрированной защиты растений // Вестник защиты растений. 2003. № 1. С. 8–15.
20. Солдатов В. Н., Лоскутов И. Г. Изучение полегания овса прямыми и косвенными методами в условиях Северо-Запада РСФСР // Научно-технический бюллетень ВИР. Серия «Генетика и селекция ржи и зернофуражных культур». 1987. Вып. 169. № 169. С. 75–77.
21. Свиркова С. В., Старцев А. А., Заушинцева А. В., Стецов Г. Я. Восприимчивость растений овса к корончатой ржавчине и генетические источники устойчивости // Успехи современного естествознания. 2016. № 12 (1). С. 99–104.
22. Лукьянова М. В., Родионова Н. А., Трофимовская А. Ф. Методические указания по изучению мировой коллекции ячменя и овса. Л.: Всесоюзный НИИ растениеводства имени Н. И. Вавилова (ВИР), 1981. 31 с.
23. Лоскутов И. Г., Ковалева О. Н., Блинова Е. В. Методические указания по изучению и сохранению мировой коллекции ячменя и овса. СПб.: Всероссийский НИИ растениеводства имени Н. И. Вавилова (ГНУ ВИР Россельхозакадемии), 2012. 63 с.
24. Великовский В., Бареш А., Форел А., Сегналова Я., Одегнал В., Войстржак Й., Лонгауэр И., Трка М., Кобылянский В. Д., Родионова Н. А., Солдатов В. Н., Корнейчук В. А., Ярош Н. П. Международный классификатор СЭВ рода *Avena* L. Л.: Всесоюзный НИИ растениеводства имени Н. И. Вавилова (ВИР), 1984. 39 с.
25. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Книга по требованию, 2012. 352 с.
26. Белкина Р. И., Маринова М. И. Технологические и биохимические свойства зерна овса в условиях Северного Зауралья // Аграрный вестник Урала. 2009. № 5. С. 55–57.

## References

1. Batalova G. A. Oats. Cultivation technology and selection. Kirov, Regional RIA of North-East. 2000. 200 p.
2. Yanova M. A., Tsuglenok G. I., Ivanova T. S. Use of the hull-less barley and oat cultivars in the process of food production // Bulletin of KrasSAU. 2012. No. 4. P. 203–205.
3. Batalova G. A. Formation of yield and grain quality of oats // Achievements of Science and Technology of AIC. 2010. No. 11. P. 10–13.
4. Federal State Statistics Service of the Krasnodar Territory and the Republic of Adygea (Krasnodarstat). [Electronic resource]. Access point: <http://krsdstat.gks.ru/> (reference's date 15.12. 2018).
5. Semyonova A. P. Phytosanitary situation and the risk of emergency situations in the plant-growing complex of Russia // Problems of forecasting emergency situations: collection of scientific works. Moscow: All-Russian Research Institute for civil defense and emergency situations of the Ministry of emergency situations of Russia, 2002. P. 75–76.
6. Sanin S. S. Current phytosanitary problems in Russia // Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy, 2016. Vol. 6. P. 45–55.
7. Novikova L. Yu., Dyubin V. N., Loskutov I. G., Zuev E. V., Kovalyova O. N., Porokhvinova E. A., Seferova I. V., Bulintsev S. V., Artemyeva A. M., Kiru S. D., Rogozin E. V., Naumov L. G. Analysis of economical valuable characters of cereals cultivars under climate change conditions // Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding. 2013. Vol. 173. P. 102–119.
8. Loskutov I. G. Oats (*Avena* L.) Distribution, systematization, evolution and breeding value. Saint-Petersburg: "Kopi-R" LLC, 2007. 336 p.
9. Sanin S. S. Phytosanitary problems of intensive plant breeding // Plant protection and quarantine. 2013. Vol. 12. P. 3–9.
10. Zhuchenko A. A. Resource potential of grain production in Russia. Moscow: Agrorus, 2004. 1109 p.
11. Simons M. D. Crown rust // In book: The cereal rusts: diseases, distribution, epidemiology and control // Ed. by Roelfs A. P., Bushnell W. R. USA: NY, Academic Press, 1985. P. 132–172.
12. Shkalikov V. A., Beloshapkina O. O., Bukreev D. D. Plant protection against diseases. Moscow: Kolos, 2003. 255 p.
13. Dmitriyev A. P. Rust of oats. Saint-Petersburg: All-Russian institute of plant protection (FSBSI VIZR), 2000. 112 p.
14. Stancheva Y. Atlas of diseases of crops. Part 3. Diseases of field crops. Sofia-Moscow: "Pensoft", 2003. P. 175.
15. Zillinsky F. Y. Common diseases of small grain cereals: A guide to identification. Mexico: D. F. CIMMYT, 1983. 141 p.
16. Wallwork H. Cereal leaf and stem diseases // Grains research and development corporation. Australia: Barton, 1992. 102 p.
17. Geshele E. E. Bases of phytopathologic assessment in selection of plants. Moscow: Kolos, 1978. 53 p.



18. Nazarov L. N., Sokolova E. A. The progressing diseases of grain crops // Agro XXI. 2000. No. 4. P. 2–3.
19. Spaar D., Khartleb H., Spanakakis A., Fischer H., Krazsch G. Cultivar resistance as an element of integrate pest management system // Plant Protection News. 2003. No. 1. P. 8–15.
20. Soldatov V. N., Loskutov I. G. Studying of drowning of oats by direct and indirect methods in the conditions of the Northwest of RSFSR // The Scientific and technical bulletin VIR. Series “Genetics and selection of a rye and forage crops”. 1987. Iss. 169. No. 169. P. 75–77.
21. Svirikova S. V., Startsev A. A., Zaushintsena A. V., Stetsov G. Ya. Susceptibility of oats to crown rust and genetic sources of resistance // Advances in Current Natural Sciences. 2016. No. 12–1. P. 99–104.
22. Lukyanova M. V., Rodionova N. A., Trofimovskaya A. F. Methodical instructions on studying world collection of barley and oats. Leningrad: All-Union Research Institute of Plant Growing named after N. I. Vavilov (VIR), 1981. 31 p.
23. Loskutov I. G., Kovalyova O. N., Blinova E. V. Methodical instructions on studying and saving world collection of barley and oats. Saint-Petersburg: N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resource (SSI VIR of the Russian Agricultural Academy), 2012. 63 p.
24. Velikovskiy V., Baresh A., Forel A., Segnalova Ja., Odehnl V., Voystzhak J., Longauer I., Trnka M., Kobylansky V. D., Rodionova N. A., Soldatov V. N., Korneychuk V. A., Yarosh N. P. The international COMECON list of the genus *Avena* Leningrad: All-Union Research Institute of Plant Growing named after N. I. Vavilov (VIR), 1984. 39 p.
25. Dospikhov B. A. Methods of field research. Moscow: Kniga po trebovaniyu, 2012. 352 p.
26. Belkina R. I., Marikova M. I. Technological and biochemical properties of oat grain in the conditions of the Northern Trans Urals // Agrarian Bulletin of the Urals. 2009. No. 5. P. 55–57.

UDC 633.13:631.52

Voytutskaya N. P., Loskutov I. G.

#### **FIELD ASSESMENT OF THE COLLECTION SAMPLES OF AVENA SATIVA FOR RESISTANCE TO CROWN AND STEM RUST UNDER CONDITION OF KUBAN BRANCH OF VIR**

**Summary.** *The effectiveness of oats cultivation in some years is reduced because of diseases. The research aimed at finding new genetic sources to create resistant varieties is an urgent solution to the problem. The aim of the research was to conduct screening of the promising samples of *Avena sativa* of different ecological and geographical origin to identify sources of resistance to different rusts to include them (*A. sativa* samples) into breeding programs. Field assessment was carried out in 2014–2017 under conditions of the Kuban experimental station of the VIR branch. The weather during the years of research differed in hydrothermal conditions. Heavy precipitation and low temperatures were observed in 2014 and 2016. Elevated air temperatures were in 2015 and 2017. Under natural conditions, 150 samples of oats of various ecological and geographical origins from the VIR collection were studied. The standard one was ‘Valdin 765’. The damage was counted according to the scale proposed by N. I. Vavilov and improved in the Department of immunity (VIR) in points (1–9), where 1 – resistance is very low, 3 – low, 5 – medium, 7 – high, 9 – very high. According to the damage intensity, all varieties were differentiated according to the Peterson scale: no signs of damage – resistance is very strong; damage of 0.1–5.0 % – strong; 5.1–25.0 % – medium, 25.1–50.0 % – weak, more than 50 % – very weak. The source material was also evaluated according to yield, resistance to lodging, 1000-grains weight. Samples were sown in three replications. Plot area – 2 m<sup>2</sup>. Preceding crop – peas for grain. The research results show that fourteen samples were resistant to *P. coronata* (9 points) and 16 – to *P. graminis*. Samples ‘Mutika 1120’, ‘Srednespeliy 1’, ‘Zakat’, ‘Elegant’, ‘URS Guana’, and ‘URS Tarimba’ possessed group stability. ‘Raniostyglyy’ (Ukraine), ‘Elegant’ (Belarus), ‘Flocke’ (Germany) turned out to be resistant to diseases and high yielding ones (4–9 % more than the standard). They can be recommended for inclusion in breeding programs.*

**Keywords:** *oats (*Avena sativa*), *Puccinia coronata*, *Puccinia graminis*, resistance, assessment, susceptibility.*

Войцуккая Нина Петровна, научный сотрудник группы зерновых культур Кубанской опытной станции филиала ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова»; 352183, Россия, Краснодарский край, Гулькевичский район, п. Ботаника, ул. Центральная, 2; e-mail: voysuckaya63@mail.ru.

Лоскутов Игорь Градиславович, доктор биологических наук, главный научный сотрудник, отдел генетических ресурсов овса, ржи, ячменя ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова»; 190000, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, 42-44; e-mail: i.loskutov@vir.nw.ru.

Voysutskaya Nina Petrovna, researcher of the group of grain crops at the Kuban experimental station– branch of the FSBSI “Federal Research Center N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources” (VIR); 2 Tsentralnaya str., Gulkevichskiy district, Krasnodar region, 352183, Russia; e-mail: voysuckaya63@mail.ru.

Loskutov Igor Gradislavovich, Dr. Sc. (Biol.), leading researcher of the Department of genetic resources of oat, barley, and rye of the FSBSI “Federal Research Center N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources” (VIR); 42-44 Bolshaya Morskaya str., Saint-Petersburg, 190000, Russia; e-mail: i.loskutov@vir.nw.ru.

*Дата поступления в редакцию – 20.01.2020.*

*Дата принятия к печати – 01.03.2020.*

Егорова Н. А.

## ОПТИМИЗАЦИЯ УСЛОВИЙ ПОЛУЧЕНИЯ И ХАРАКТЕРИСТИКА СУСПЕНЗИОННОЙ КУЛЬТУРЫ ЛАВАНДЫ

ФГБУН «Научно исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»

**Реферат.** Лаванда узколистная является одним из наиболее распространенных на юге России эфиромасличных растений, которое широко используют в парфюмерно-косметической, пищевой промышленности, медицине. При разработке клеточных технологий этого вида важен выбор подходящего биотехнологического объекта и режимов культивирования *in vitro*. Цель данной работы – оптимизация условий получения культуры клеточной суспензии лаванды и ее характеристика. Материалом для исследований служили ткани и органы растений лаванды (*Lavandula angustifolia* Mill.) сорта Степная. Каллус получали из эксплантов листа и культивировали на питательной среде Мурасиге и Скуга (МС) с добавлением 1,0 мг/л НУК и 0,5 мг/л БАП. Для получения первичной суспензионной культуры каллусную ткань переносили в колбы с жидкой питательной средой и культивировали на качалке. При оптимизации условий длительного выращивания суспензионной культуры изучено влияние на ее основные параметры (плотность, жизнеспособность и агрегированность) исходной плотности суспензии, гормонального состава питательной среды и длительности культивирования в цикле выращивания. Установлено, что лучший рост суспензии обеспечивала питательная среда того же состава, что и для индукции каллуса (МС с НУК и БАП), исходная плотность для субкультивирования суспензии –  $1,8-2,0 \times 10^4$  клеток/мл и скорость вращения качалки – 90 оборотов/мин. Дана цитофизиологическая характеристика популяции клеток в цикле выращивания суспензии и определена продолжительность основных фаз цикла выращивания. За цикл выращивания у лаванды при глубинном культивировании происходило увеличение плотности суспензии в 22 раза. Показано, что ростовой цикл суспензионной культуры и длительность основных его фаз короче, чем у каллусной ткани. Стационарная фаза популяции клеток начиналась на 14-е сутки культивирования. Во всех фазах цикла выращивания жизнеспособность клеток достигала 69,7–81,2 %. Содержание одноклеточной фракции варьировало от 19,8 до 33,4 %, и в стационарной фазе составило 30,8 %. Разработанные режимы длительного культивирования клеточной суспензии обеспечивали ее хороший рост в течение трех–четырех лет. Показана возможность использования суспензионной культуры лаванды для одноклеточного клонирования.

**Ключевые слова:** лаванда узколистная (*Lavandula angustifolia* Mill.), культура клеточной суспензии, питательная среда, *in vitro*, агрегированность и плотность суспензии.

### Введение

В настоящее время в растениеводстве активно используют биотехнологические приемы, которые позволяют создавать новые генотипы для селекции, ускоренно размножать оздоровленный посадочный материал в семеноводстве, решать задачи сохранения биоразнообразия, получать ценные биологически активные вещества в изолированных культурах, а также преодолевать многие другие проблемы, возникающие при использовании традиционных методов [1]. При разработке клеточных технологий важен выбор подходящего биотехнологического объекта и оптимизация условий его

культивирования *in vitro*. В разных биотехнологиях используют культуры изолированных органов (например, меристемы, зиготические зародыши, пыльники), каллусы, клеточные суспензии, протопласты [2, 3]. Одним из относительно сложных, но эффективных объектов является суспензионная культура, которая представляет собой выращивание отдельных клеток или их групп во взвешенном состоянии в жидкой питательной среде с использованием аппаратуры, обеспечивающей их перемешивание и аэрацию. Суспензионная культура имеет много преимуществ по сравнению с другими биотехнологическими объектами. Из суспензии легче выделить одиночные клетки, поэтому ее можно успешно использовать в клеточной селекции для отбора мутантных клеток, получения устойчивых к стрессовым факторам генотипов растений или клеточных линий-продуцентов вторичных метаболитов [2, 4, 5]. Благодаря культивированию в жидкой среде при перемешивании, в суспензионной культуре клетки лучше снабжаются питательными веществами и пролиферируют, это также позволяет лучше контролировать их развитие. Суспензионная культура более «технологична», так как ее легче пассировать, заменять питательную среду, выделять продукты и управлять ростом клеток в больших масштабах при культивировании в ферментерах. Поэтому у многих видов растений в биотехнологиях получения вторичных метаболитов *in vitro* часто применяют не каллусную, а суспензионную культуру, что позволяет не только повысить выход продукта, но и перейти к крупномасштабному производству [2, 6]. При получении устойчивых к абиотическим стрессам и болезням генотипов в клеточной селекции, несмотря на широкое использование каллусных тканей, часто для отбора *in vitro* устойчивых клеток, а затем линий и растений-регенерантов также применяют суспензионные культуры [7, 8].

Лаванда узколистная – одно из наиболее распространенных на юге России эфиромасличных растений [9]. Лавандовое эфирное масло широко используют в парфюмерно-косметической, пищевой промышленности, керамическом и лакокрасочном производстве. В медицине препараты из этого растения применяют как ранозаживляющие, успокаивающие и спазмолитические средства, рекомендуемые при заболеваниях опорно-двигательного аппарата, желудочно-кишечных, кожных и многих других болезнях [10]. Некоторые виды и сорта лаванды используют в декоративном садоводстве, а также как противоэрозийные растения. Поэтому растения рода *Lavandula* достаточно интенсивно изучают в области ботаники, биохимии, фармакологии, селекции [9, 11, 12].

Биотехнологические исследования видов лаванды большей частью связаны с оптимизацией условий клонального микроразмножения *in vitro* [13–17]. В этих работах в качестве эксплантов авторы в основном использовали меристемы из пазушных и апикальных почек или сегменты стебля с узлом, и гораздо реже – индукцию адвентивного побегообразования из сегментов листьев и побегов. Хотя существуют данные об использовании для микроразмножения выращиваемой в биореакторе суспензионной культуры *L. angustifolia* сорта Munstead [18]. Менее активно разрабатывают клеточные технологии, направленные на создание новых генотипов и получение исходного материала для селекции. Эти работы в основном проводят с использованием культуры каллусных тканей [19–22]. Значительная часть публикаций по биотехнологии лаванды посвящена изучению биосинтеза вторичных метаболитов *in vitro*. В последние два десятилетия они в основном направлены на создание альтернативных биотехнологий получения коммерчески ценных соединений – фенольных кислот (розмариновой, кофейной, феруловой), компонентов эфирного масла, пигментов [20, 23–25]. При этом наиболее

эффективным для получения продуктов вторичного метаболизма было культивирование клеточных суспензий в биореакторе [26, 27].

С целью интенсификации селекционного процесса в ФГБУН «НИИСХ Крыма» проводят разработку нескольких клеточных технологий, связанных с созданием исходного селекционного материала (получение соматклонов, мутагенез и клеточная селекция *in vitro*), а также клонального микроразмножения [17, 21, 22]. Для некоторых биотехнологий (особенно клеточной селекции и получения веществ вторичного метаболизма) перспективно использование клеточных суспензий. Однако, имеющиеся общие рекомендации по получению суспензионных культур [1, 28], а также данные о приемах культивирования суспензий отдельных видов лаванды [23, 25, 26, 29] весьма противоречивы, а параметры полученных культур часто не представлены. Это обуславливает необходимость подбора питательной среды и режима культивирования для получения суспензионной культуры лаванды, пригодной для разных клеточных технологий.

**Цель исследований** – оптимизация условий получения культуры клеточной суспензии *L. angustifolia* и ее характеристика.

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

Материалом для исследований служили ткани и органы растений лаванды узколистной (*Lavandula angustifolia* Mill.) сорта Степная. Исходные растения выращивали в условиях закрытого грунта. В работе использовали общепринятые в биотехнологии методы культуры органов и тканей растений [28], а также разработанные нами ранее [30]. Асептические работы проводили в условиях ламинарного бокса БАВнп-01-«Ламинар-С»-1,2 (Россия). В качестве эксплантов для получения каллусов использовали сегменты листовой пластинки. При введении в культуру растительный материал промывали 20–30 минут в мыльном растворе, а затем в проточной и дистиллированной воде. Стерилизацию растительного материала проводили при использовании 70° этанола (1 мин), а затем 50% раствора препарата «Брадофен» (Флорин АО, Венгрия) в течение 10 минут. Экспланты культивировали на различных модификациях питательной среды Мурасиге и Скуга (МС) [28] с добавлением  $\alpha$ -нафтилуксусной кислоты (НУК) и 6-бензиламинопурина (БАП) (Sigma, США). Культивирование каллусов проводили в пробирках с 10 мл агаризованной питательной среды, а суспензионных культур – в колбах на 250 мл с 50 мл жидкой среды. Изолированные ткани и клетки культивировали при  $26 \pm 2$  °С, относительной влажности воздуха 70%, освещенности 600 люкс с шестнадцатичасовым фотопериодом. Каллусные ткани пассировали в асептических условиях каждые 30–35 сут. Масса каллусного транспланта составляла 90–100 мг. Для получения суспензионной культуры 2–3 г каллуса помещали в колбы с 50 мл жидкой питательной среды и культивировали на качалке («УВМТ-12-250») со скоростью вращения 90 оборотов в минуту. При пассировании суспензии через 14–18 суток отбирали инокулюм с плотностью от 0,9 до  $18,4 \times 10^4$  клеток/мл, который переносили в колбы со свежей жидкой питательной средой. Опыты по культуре тканей проводили в трехкратной повторности, в каждом варианте анализировали не менее 20 каллусных трансплантов или трех колб с суспензией. Каждый эксперимент проводили в двукратной повторности.

В процессе культивирования визуально анализировали морфологию каллусных и суспензионных культур. Определение цитофизиологических параметров популяции клеток суспензионной культуры в цикле выращивания проводили в течение трех недель через каждые двое суток культивирования. При этом измеряли плотность суспензии, жизнеспособность и агрегированность клеток [28, 30]. Для определения плотности (количества клеток в 1 мл суспензии)

отбирали инокулюм и после мацерации в 20 % хромовой кислоте (при 60 °С в течение 40 мин) подсчитывали число клеток в камере Фукса-Розенталя в шестикратной повторности. Агрегированность определяли по соотношению различных клеточных агрегатов, выделяя следующие классы: одиночные клетки, агрегаты из 2–5 клеток, 6–20 клеток, 21–50 клеток и более 50 клеток. Подсчитывали по 100 клеточных агрегатов в шестикратной повторности. Жизнеспособность клеток оценивали после окраски 0,5 % метиленовым синим (анализировали не менее 500 клеток в трехкратной повторности).

Статистическую обработку данных осуществляли согласно общепринятым методам математической статистики при помощи стандартного пакета Microsoft Office Excel (2010). Достоверность отличий оценивали по критерию Стьюдента при  $p \leq 0,05$ . В таблицах представлены средние значения и их стандартные ошибки, а на графиках – средние значения и доверительные интервалы.

### Результаты и их обсуждение

Для получения суспензионной культуры можно использовать два основных методических приема [1]. Один из них – помещение в жидкую питательную среду листовых эксплантов, на поверхности которых формируется первичный каллус. При автоматическом перемешивании отдельные клеточные агрегаты отделяются в среду. Часто для индукции клеточной суспензии в жидкую питательную среду переносят каллусную ткань, однако для этого она должна быть достаточно рыхлой, чтобы легко распадаться на клеточные агрегаты в условиях постоянного перемешивания на качалке. В наших экспериментах каллус лаванды, полученный из сегментов листьев на агаризованной питательной среде МС160 (с добавлением 1,0 мг/л НУК и 0,5 мг/л БАП), был преимущественно рыхлый, мягкий, оводненный, светло-бежевого цвета или почти бесцветный (рисунок 1А). Поэтому для получения первичной суспензионной культуры лаванды использовали второй методический прием – в колбы с жидкой питательной средой в асептических условиях переносили каллус и культивировали на качалке. При переносе каллуса в жидкую среду того же состава он легко распадался на клеточные агрегаты различного объема. Полученная первичная суспензионная культура имела достаточно хорошую жизнеспособность (до 69,2 %), но низкое содержание одноклеточной фракции (6–10 %). Для длительного выращивания клеточной суспензии определенный объем инокулюма переносили в колбу со свежей жидкой питательной средой и помещали на качалку с круговым вращением (рисунок 1Б). В предварительных опытах установлено, что оптимальной скоростью вращения качалки является 90 об./мин, поэтому использовали именно этот режим.



А



Б

**Рисунок 1 – Каллусная ткань лаванды на агаризованной питательной среде (А) и культивирование суспензионных культур в жидкой питательной среде на качалке (Б)**

В ходе дальнейшей оптимизации условий для длительного выращивания суспензионной культуры лаванды изучали влияние на ее основные параметры (плотность, жизнеспособность и агрегированность) исходной плотности, состава питательной среды и длительности культивирования в цикле выращивания (таблица 1). Анализировали три варианта питательной среды МС – оптимальную для роста каллуса среду с добавлением 1,0 мг/л НУК и 0,5 мг/л БАП (МС 160), среду с увеличенной вдвое концентрацией этих гормонов (МС 279), и питательную среду, содержащую только ауксин НУК (МС 280).

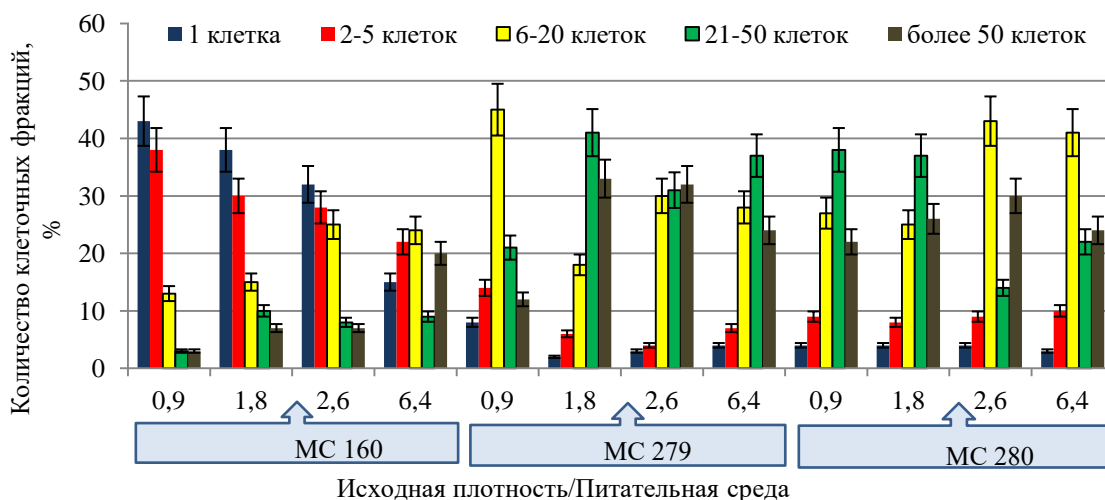
**Таблица 1 – Влияние исходной плотности и питательной среды на плотность и жизнеспособность суспензионной культуры лаванды сорта Степная**

№ питательной среды МС (содержание регуляторов роста, мг/л)	Исходная плотность, число клеток $\times 10^4$ /мл	Плотность в цикле выращивания, число клеток $\times 10^4$ /мл		Прирост плотности за 14 сут, % к исходной	Доля жизнеспособных клеток на 14 сут, %
		7 сут	14 сут		
МС 160 (1,0 НУК + 0,5 БАП)	0,9	19,0 $\pm$ 0,8	23,8 $\pm$ 0,7	2644,0	78,6 $\pm$ 0,6
	1,8	29,1 $\pm$ 1,1	32,4 $\pm$ 1,2	1800,0	77,7 $\pm$ 2,3
	2,6	23,5 $\pm$ 1,5	48,9 $\pm$ 1,8	1880,8	65,6 $\pm$ 1,9
	6,4	17,8 $\pm$ 1,3	42,7 $\pm$ 1,9	667,2	59,9 $\pm$ 1,8
	12,9	35,4 $\pm$ 1,5	75,5 $\pm$ 1,8	585,3	60,3 $\pm$ 1,7
	18,4	37,2 $\pm$ 1,8	78,9 $\pm$ 2,0	428,8	56,8 $\pm$ 1,4
МС 279 (2,0 НУК + 1,0 БАП)	0,9	16,8 $\pm$ 0,7	24,8 $\pm$ 1,1	2755,6	63,6 $\pm$ 1,3
	1,8	29,9 $\pm$ 1,3	41,4 $\pm$ 1,9	2300,0	72,9 $\pm$ 1,2
	2,6	23,8 $\pm$ 1,1	60,2 $\pm$ 2,1	2307,7	49,6 $\pm$ 1,1
	6,4	18,5 $\pm$ 0,7	57,8 $\pm$ 1,8	903,1	52,3 $\pm$ 1,4
	12,9	21,4 $\pm$ 0,8	62,4 $\pm$ 1,8	483,7	59,7 $\pm$ 1,3
МС 280 (2,0 НУК)	0,9	12,2 $\pm$ 0,6	17,7 $\pm$ 0,6	1966,7	81,8 $\pm$ 1,3
	1,8	20,3 $\pm$ 0,9	26,5 $\pm$ 1,0	1472,2	71,5 $\pm$ 1,9
	2,6	19,4 $\pm$ 1,0	38,7 $\pm$ 1,1	1488,5	62,3 $\pm$ 1,5
	6,4	12,6 $\pm$ 0,5	31,6 $\pm$ 1,2	493,7	66,2 $\pm$ 1,8
	12,9	50,8 $\pm$ 2,0	75,8 $\pm$ 1,9	587,6	60,5 $\pm$ 1,9
	18,4	29,2 $\pm$ 0,8	64,5 $\pm$ 1,7	350,5	52,1 $\pm$ 1,3

Как видно из представленных данных, величина исходной плотности оказывала значительное влияние на темпы прироста плотности клеточной суспензии и другие показатели. Наибольшая плотность достигалась при использовании объемов инокулюма, обеспечивающих исходную плотность суспензии 2,6–18,4  $\times 10^4$  клеток/мл. Однако, только при относительно низких значениях исходной плотности (0,9–2,6  $\times 10^4$  клеток/мл) наблюдали 20–27-кратный прирост этого показателя за две недели культивирования. При дальнейшем увеличении исходной плотности происходило снижение активности роста культуры; отмечали всего 3–9-кратное увеличение числа клеток в 1 мл суспензии. Следует отметить, что при использовании исходной плотности 2,6  $\times 10^4$  клеток/мл и выше после двух недель культивирования суспензия становилась очень густой, и в колбе образовывался «ободок» из массы темных нежизнеспособных клеток. Все это отрицательно влияло на жизнеспособность клеточной популяции, которая снижалась до 49–53 %. Поэтому у лаванды целесообразно использовать исходную плотность 1,8–2,0  $\times 10^4$  клеток/мл, при которой за две недели культивирования происходил почти 20-кратный прирост плотности, и жизнеспособность составляла 72–77 %.

Гормональный состав питательной среды также оказывал существенное влияние на изменение ростовых параметров суспензии. В частности, наибольший прирост плотности достигался на средах, содержащих ауксин и цитокинин (МС 160,

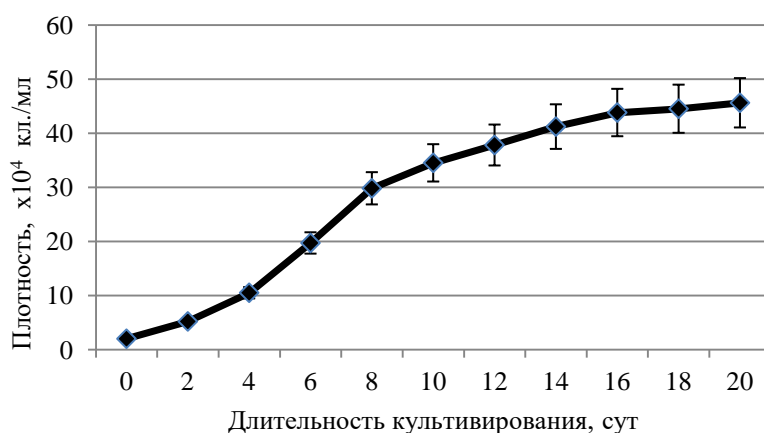
МС 279). Особо четко проявилось влияние состава питательной среды на степень агрегированности культуры (рисунок 2). Только на среде МС 160 отмечено высокое содержание одноклеточной фракции (от 15,2 до 43,4 %, в зависимости от исходной плотности). На остальных средах формировались в основном многоклеточные агрегаты, а одиночные клетки составили всего 3,5–8,9 % от общего числа анализируемых. Учитывая необходимость высокого содержания одноклеточной фракции для проведения ряда манипуляций при клеточной инженерии (например, одноклеточного клонирования), более подходящей средой для культивирования суспензии лаванды является та же питательная среда МС 160, которую использовали для получения и субкультивирования каллусной ткани.



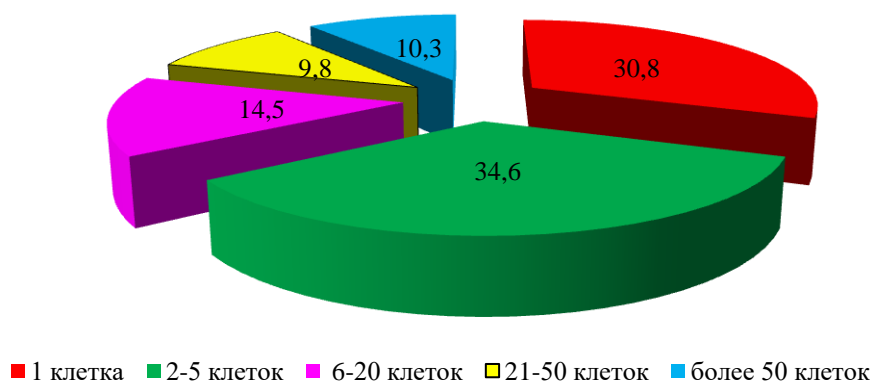
**Рисунок 2 – Влияние исходной плотности суспензии (число клеток  $\times 10^4$ /мл) и питательной среды на агрегированность суспензионной культуры лаванды сорта Степная (14-е сут культивирования)**

Проведено изучение динамики роста суспензионной культуры лаванды (четвертого пассажа) на протяжении трех недель, что позволило определить продолжительность основных фаз цикла выращивания. Культивирование проводили при использовании жидкой среды МС 160 и исходной плотности  $2,0 \times 10^4$  клеток/мл. В опыте анализировали плотность (основной показатель, характеризующий рост суспензии), агрегированность и жизнеспособность популяции соматических клеток. За цикл выращивания у лаванды при глубинном культивировании происходило увеличение плотности почти в 22 раза (рисунок 3). Ростовой цикл суспензионной культуры и длительность основных его фаз оказались гораздо короче, чем у каллусной ткани лаванды [31], что обуславливает меньшую продолжительность пассажа. Латентный период составил всего одни сутки, экспоненциальную и линейную фазы роста отмечали на четвертые и восьмые сутки культивирования. Переход популяции в стационарную фазу происходил, начиная с 14-х суток культивирования. Поэтому оптимальная продолжительность цикла выращивания суспензии лаванды – 14–18 суток. Во всех фазах цикла выращивания отмечали высокую жизнеспособность соматических клеток – до 69,7–81,2 %. Содержание одноклеточной фракции варьировало от 19,8 до 33,4 %, и в стационарной фазе составило 30,8 % (рисунок 4). Это свидетельствует о возможности эффективного использования для выделения одиночных клеток суспензионной культуры, выращиваемой при данных условиях.





**Рисунок 3 – Динамика изменения плотности клеточной популяции в цикле выращивания суспензионной культуры лаванды сорта Степная**



**Рисунок 4 – Агрегированность суспензионной культуры лаванды сорта Степная на стационарной фазе цикла выращивания (доля клеточных фракций, %)**

В результате этих исследований были оптимизированы условия культивирования суспензионной культуры лаванды, включающие питательную среду, исходную плотность, длительность пассажа и скорость вращения качалки. Полученные культуры содержали высокую долю одноклеточной фракции, что очень важно при проведении одноклеточного клонирования и последующей клеточной селекции. Показана возможность использования таких клеточных суспензий для одноклеточного клонирования с применением метода «плейтинга» в модификации Бергмана [28]. Такой методический прием используют, например, в клеточной селекции для отбора единичных генетически измененных клеток. Для получения достаточного количества колоний и их хорошего роста важное значение имеет исходная плотность суспензии и жизнеспособность культур. Для высева клеток на агаризованную питательную среду отбирали суспензии с жизнеспособностью не ниже 50–60 % и небольшим средним размером агрегата – 1,7–1,8 клеток, то есть с содержанием одноклеточной фракции не менее 75,0 %. Эффективность платирования зависела от плотности посева, и при сравнении двух вариантов ( $2,5 \times 10^4$  кл/мл и  $3,6 \times 10^4$  кл/мл) показано, что большая исходная плотность обеспечила более высокую эффективность платирования – 0,05 %. При этом через 1,5 месяца в среднем формировалось 153,5 колоний на одну чашку Петри. После субкультивирования таких клеточных агрегатов на свежую среду в

пробирки развивалась каллусная ткань с хорошим приростом биомассы (ростовой индекс достигал 12–15).

Таким образом, установлено, что для получения клеточной суспензии лаванды узколистной более подходящей является та же питательная среда, что и для индукции каллусогенеза (МС с добавлением 1,0 мг/л НУК и 0,5 мг/л БАП). У *L. vera* культивирование суспензионной и каллусной культур также проводили на среде одного состава, однако в качестве основной использовали питательную среду Линсмайера-Скуга, в которую добавляли 2,4-Д [26, 29]. Для получения клеточных суспензий разных видов лаванды в качестве гормональной добавки часто применяли 2,4-Д (в концентрации от 0,2 до 1,0 мг/л), способствующую лучшей дезагрегации каллуса [25, 27, 32]. Однако в наших предварительных исследованиях показано, что этот ауксин негативно влиял на рост каллусной и суспензионной культур лаванды. В представленном эксперименте на среде с НУК и БАП каллус был достаточно рыхлым, и формирующаяся из него суспензионная культура характеризовалась высоким содержанием мелких клеточных агрегатов и одиночных клеток.

В результате анализа динамики изменения плотности клеточной популяции в цикле выращивания выявлено, что стационарная фаза у суспензионной культуры наступала через две недели культивирования (при используемых нами условиях). Это обуславливает оптимальную продолжительность цикла выращивания суспензии 14–18 суток, что почти в два раза короче, чем ранее было показано для каллусной культуры лаванды [31]. В работе болгарских ученых у суспензионной культуры *L. vera* отмечено отсутствие четкой логарифмической фазы и максимальное накопление биомассы уже на восьмые сутки [26]. В то же время М. R. S. Ardekani с соавторами наблюдали наибольшую плотность клеток в суспензионной культуре *L. angustifolia*, начиная с 10–12 суток культивирования в колбах на качалке [32].

Полученные в результате экспериментов суспензионные культуры разных штаммов и сортов лаванды узколистной в дальнейшем использовали для изучения накопления вторичных метаболитов *in vitro* (голубого пигмента, компонентов эфирного масла и др.). Выявленные условия для одноклеточного клонирования могут быть основой для отбора линий, устойчивых к абиотическим стрессам, в экспериментах по клеточной селекции, а также для других биотехнологических исследований этого вида растения.

### Выводы

Разработаны режимы получения и длительного культивирования клеточной суспензии для лаванды узколистной, которые обеспечивали ее хороший рост в течение трех–четырёх лет. Подобрана питательная среда (МС с добавлением 1,0 мг/л НУК и 0,5 мг/л БАП), исходная плотность для субкультивирования суспензии ( $1,8\text{--}2,0 \times 10^4$  клеток/мл) и скорость вращения качалки (90 об./мин). Дана цитофизиологическая характеристика популяции клеток в цикле выращивания суспензии и определена продолжительность основных фаз цикла выращивания. Культивирование суспензии при разработанных условиях обеспечивало 22-кратный прирост плотности за две недели, жизнеспособность на уровне 69,7–81,2 % и высокое содержание одноклеточной фракции (до 30,8–33,4 %). Показана возможность использования суспензии для одноклеточного клонирования.

### Литература

1. Калашникова Е. А. Клеточная инженерия растений: Учебное пособие. М.: издательство РГАУ-МСХА, 2012. 318 с.
2. Кунах В. А. Біотехнологія лікарських рослин. Генетичні та фізіолого-біохімічні основи. Киев: Логос, 2005. 730 с.

3. Круглова Н. Н., Титова Г. Е., Сельдимирова О. А. Каллусогенез как путь морфогенеза *in vitro* у злаков // Онтогенез. 2018. Т. 49. №5. С.273–288. DOI: 10.1134/S0475145018050038.
4. Kochkin D. V., Glagoleva E. S., Nosov A. M., Galishev B. A., Titova M. V. Rare triterpene glycoside of ginseng (ginsenoside malonyl-Rg<sub>1</sub>) detected in plant cell suspension culture of *Panax japonicus* var. *repens* // Russian Journal of Plant Physiology. 2017. Vol. 64. No. 5. P. 649–656. DOI: 10.7868/S0015330317050037.
5. Ханды М. Т., Кочкин Д. В., Томилова С. В., Галишев Б. А., Суханова Е. С., Ключин А. Г., Иванов И. М., Носов А. М. Получение и характеристика каллусных и суспензионных культур клеток якорцев стелющихся *Tribulus terrestris* L. – продуцента стероидных гликозидов // Биотехнология. 2016. Т. 32. № 4. С. 21–30.
6. Носов А. М. Использование клеточных технологий для промышленного получения биологически активных веществ растительного происхождения // Биотехнология. 2010. № 5. С. 8–28.
7. Сергеева Л. Е., Бронникова Л. И. Клеточная селекция с использованием катионов Ba<sup>2+</sup> для отбора солеустойчивых линий пшеницы // Физиология растений и генетика. 2017. Т. 49. № 2. С. 174–178.
8. Jan N., Qazi H., Ramazan S., John R. Developing stress-tolerant plants through in vitro tissue culture: family Brassicaceae. In book: Biotechnologies of Crop Improvement. Vol. 1. // Ed. by Gosal S. S., Wani S. H. Springer International Publishing AG, 2018. P. 327–372. DOI: 10.1007/978-3-319-78283-6\_10.
9. Паштецкий В. С., Невкрытая Н. В., Мишнев А. В., Назаренко Л. Г. Эфиромасличная отрасль Крыма. Вчера, сегодня, завтра. Симферополь: ИТ «Ариал», 2018. 320 с.
10. Niksic H., Kovač-Bešović E., Makarević E., Durić K., Kusturica J., Muratovic S. Antiproliferative, antimicrobial, and antioxidant activity of *Lavandula angustifolia* Mill. essential oil // Journal of Health Sciences. 2017. Vol. 7. No. 1. P. 35–43. DOI: <https://doi.org/10.17532/jhsci.2017.412>.
11. Бочкарёв Н. И., Зеленцов С. В. Современное состояние таксономии, морфологии и селекции лаванды // Масличные культуры. 2013. Вып. 2. С. 155–156.
12. Salehi B., Mnayer D., Özçelik B., Altin G., Kasapoğlu K. N., Daskaya-Dikmen C., Sharifi-Rad M., Selamoglu Z., Acharya K., Sen S., Matthews K. R., Fokou P. V. T., Sharopov F., Setzer W. N., Martorell M., Sharifi-Rad J. Plants of the genus *Lavandula*: from farm to pharmacy // Natural Product Communications. 2018. Vol. 13 (10). P. 1385–1402.
13. Soni D. R., Sayyad F. G., Sodhi G. K. Micropropagation studies in *Lavandula aungustifolia* // Bioscience, Bioengineering and Biotechnology. 2014. Vol. 1. P. 7–10.
14. Zuzarte M., Dinis A. M., Salgueiro L., Canhoto J. A rapid and efficient protocol for clonal propagation of phenolic-rich *Lavandula multifida* // J. Agricultural Science. 2015. Vol. 7. No. 3. P. 8–17.
15. Mitrofanova I. V., Chirkov S. N., Lesnikova-Sedoshenko N. P., Chelombit S. V., Zakubanskiy A. V., Rabotyagov V. D., Mitrofanova O. V. Micropropagation of *Lavandula angustifolia* Mill. 'Record' and 'Belyanka' // Acta Hort. 2017. Vol.1187. P. 37–42. DOI: 10.17660/ActaHortic.2017.1187.4.
16. Mokhtarzadeh S., Demirci B., Agalar H. G., Khawar K. M., Kirimer N. *In vitro* propagation and volatile compound characterization of *Lavandula stoechas* L. subsp. *stoechas* – an economically important source of essential oil // Records of Natural Products. 2019. Vol. 13. No. 2. P. 121–128.
17. Yegorova N. A., Mitrofanova I. V., Brailko V. A., Grebennikova O. A., Paliy A. E., Stavtseva I. V. Morphogenetic, physiological, and biochemical features of *Lavandula angustifolia* at long-term micropropagation *in vitro* // Russian Journal of Plant Physiology. 2019. Vol. 66. No. 2. P. 326–334. DOI: 10.1134/S1021443719010060.
18. Xiaojun W., Liang J., Mei L., Minan Z., Haiqing Z., Yaozu X. Bioreactor culture and plant regeneration from cell clusters of the aromatic plant, *Lavandula angustifolia* 'Munstead' // The Journal of Horticultural Science and Biotechnology. 2007. Vol. 82. No. 5. P.781–785.
19. Tsuru M., Inoue M., Kameoka H. Variation in essential oil components in regenerated lavender (*Lavandula vera* D.C.) plants // Sci. Hort. 2001. Vol. 88. No. 4. P. 309–317.
20. Gonçalves S., Romano A. *In vitro* culture of lavenders (*Lavandula spp.*) and the production of secondary metabolites // Biotechnology Advances. 2013. Vol. 31. P. 166–174.
21. Егорова Н. А. Некоторые аспекты биотехнологии эфиромасличных растений: индукция каллюсо- и морфогенеза, использование соматональной вариабельности // Физиология растений и генетика. 2014. Т. 46. № 2. С.108–120.
22. Егорова Н. А., Ставцева И. В. Разработка селективной системы *in vitro* для получения каллусных линий лаванды, устойчивых к низкой температуре // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2017. № 4 (67). С. 48–51. DOI: 10.21515/1999-1703-67-48-51.
23. Georgiev M., Georgiev V., Penchev P., Antonova D., Pavlov A., Ilieva M., Popov S. Volatile metabolic profiles of cell suspension cultures of *Lavandula vera*, *Nicotiana tabacum* and *Helianthus annuus*, cultivated under different regimes // Eng. Life Sci. 2010. Vol. 10. No. 2. P.148–157. DOI: 10.1002/elsc.200900090.

24. Patel S., Gaur R., Upadhyaya M., Mathur A., Mathur A. K., Bhakuni R. S. *Glycyrrhiza glabra* (Linn.) and *Lavandula officinalis* (L.) cell suspension cultures-based biotransformation of  $\beta$ -artemether // Journal of Natural Medicines. 2011. Vol. 65. No. 3–4. P. 646–650.
25. De Bona C. M., Santos G. D., Biasi L. A. *Lavandula* calli induction, growth curve and cell suspension formation // Revista Brasileira de Ciências Agrárias. 2012. Vol. 7. No. 1. P. 17–23. DOI: 10.5039/agraria.v7i1a1121.
26. Pavlov A. I., Georgiev M. I., Ilieva M. P. Production of rosmarinic acid by *Lavandula vera* MM cell suspension in bioreactor: effect of dissolved oxygen concentration and agitation // World Journal of Microbiology and Biotechnology. 2005. Vol. 21. No. 4. P. 389–392.
27. Georgiev M., Abrashev R., Krumova E., Demirevska K., Ilieva M., Angelova M. Rosmarinic acid and antioxidant enzyme activities in *Lavandula vera* MM cell suspension culture: a comparative study // Appl Biochem Biotechnol. 2009. Vol. 159. P. 415–425. DOI: 10.1007/s12010-008-8437-3.
28. Калинин Ф. Л., Сарнацкая В. В., Полищук В. Е. Методы культуры тканей в физиологии и биохимии растений. Киев: Наукова думка, 1980. 488 с.
29. Ilieva-Stoilova M. P., Pavlov A. I., Kovatcheva-Apostolova E. G. Further research into *Lavandula* species. Cell cultures of *L. vera* and rosmarinic acid production. Lavender. The genus *Lavandula* // Ed. by Lis-Balcnin M. London, New York: publ. by Taylor and Francis, 2002. P. 214–226.
30. Егорова Н. А. Получение растений-регенерантов в каллусной культуре лаванды и их микроразмножение *in vitro* (методические рекомендации). Симферополь: издательство ИЭЛР УААН, 2008. 28 с.
31. Егорова Н. А. Изменчивость каллусных культур лаванды при длительном пассировании *in vitro* // Таврический вестник аграрной науки. 2017. № 1 (9). С. 16–27.
32. Ardekani M. R. S., Linley P. A., Harkiss K. J., Mohagheghzadeh A., Gholami A., Mosaddeg M. Biotransformation of monoterpenoids by suspension cultures of *Lavandula angustifolia* // Iranian J. of Pharmaceutical Sciences. 2007. Vol. 3. No. 2. P. 93–100.

## References

1. Kalashnikova E. A. Cell engineering of plants: Textbook. Moscow: Publishing house of Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy (RSAU – MAA), 2012. 318 p.
2. Kunakh V. A. Biotechnology of medicinal plants. Genetic and physiological and biochemical basis. Kiev: Logos, 2005. 730 p.
3. Kruglova N. N., Titova G. E., Seldimirova O. A. Callusogenesis as an *in vitro* morphogenesis pathway in cereals // Russian Journal of Developmental Biology “Ontogenez”. 2018. Vol. 49. No. 5. P. 273–288. DOI: 10.1134/S0475145018050038.
4. Kochkin D. V., Glagoleva E. S., Nosov A. M., Galishev B. A., Titova M. V. Rare triterpene glycoside of ginseng (ginsenoside malonyl-Rg<sub>1</sub>) detected in plant cell suspension culture of *Panax japonicus* var. *repens* // Russian Journal of Plant Physiology. 2017. Vol. 64. No. 5. P. 649–656. DOI: 10.7868/S0015330317050037.
5. Khandy M. T., Kochkin D. V., Tomilova S. V., Galishev B. A., Sukhanova E. S., Klyushin A. G., Ivanov I. M., Nosov A. M. Obtaining and investigation of callus and suspension cell cultures of *Tribulus terrestris* L., a producer of steroidal glycosides // Biotechnology. 2016. Vol. 32. No. 4. P. 21–30.
6. Nosov A. M. Use of cell technologies to industrial production of biologically active compounds of plant origin // Biotechnology. 2010. Vol. 26. No. 5. P. 8–28.
7. Sergeeva L. E., Bronnikova L. I. Cell selection with Ba<sup>2+</sup> cations for obtaining salt resistant wheat lines // Plant Physiology and genetics. 2017. Vol. 49. No. 2. P. 174–178.
8. Jan N., Qazi H., Ramazan S., John R. Developing stress-tolerant plants through *in vitro* tissue culture: family Brassicaceae In book: Biotechnologies of Crop Improvement. Vol. 1. / Ed. By Gosal S. S., Wani S. H. Springer International Publishing AG, 2018. P. 327–372. DOI: 10.1007/978-3-319-78283-6\_10.
9. Pashtetskii V. S., Nevkrytaya N. V., Mishnev A. V., Nazarenko L. G. Essential oil industry in the Crimea. Yesterday, today, tomorrow. Simferopol: Publishing house “Arial”, 2017. 244 p.
10. Niksic H., Kovač-Bešović E., Makarević E., Durić K., Kusturica J., Muratovic S. Antiproliferative, antimicrobial, and antioxidant activity of *Lavandula angustifolia* Mill. essential oil // Journal of Health Sciences. 2017. Vol. 7. No. 1. P. 35–43. DOI: 10.17532/jhsci.2017.412.
11. Bochkarev N. I., Zelentsov S. V. The current state of taxonomy, morphology and selection of lavender // Oil Crops. 2013. No. 2. P. 155–156.
12. Salehi B., Mnayer D., Özçelik B., Altin G., Kasapoğlu K. N., Daskaya-Dikmen C., Sharifi-Rad M., Selamoglu Z., Acharya K., Sen S., Matthews K. R., Fokou P. V. T., Sharopov F., Setzer W. N., Martorell M., Sharifi-Rad J. Plants of the genus *Lavandula*: from farm to pharmacy // Natural Product Communications. 2018. Vol. 13 (10). P. 1385–1402.

13. Soni D. R., Sayyad F. G., Sodhi G. K. Micropropagation studies in *Lavandula angustifolia* // Bioscience, Bioengineering and Biotechnology. 2014. Vol. 1. P. 7–10.
14. Zuzarte M., Dinis A. M., Salgueiro L., Canhoto J. A rapid and efficient protocol for clonal propagation of phenolic-rich *Lavandula multifida* // J. Agricultural Science. 2015. Vol. 7. No. 3. P. 8–17.
15. Mitrofanova I. V., Chirkov S. N., Lesnikova-Sedoshenko N. P., Chelombit S. V., Zakubanskiy A. V., Rabotyagov V. D., Mitrofanova O. V. Micropropagation of *Lavandula angustifolia* Mill. 'Record' and 'Belyanka' // Acta Hort. 2017. Vol. 1187. P. 37–42. DOI:10.17660/ActaHortic.2017.1187.4.
16. Mokhtarzadeh S., Demirci B., Agalar H. G., Khawar K. M., Kirimer N. *In vitro* propagation and volatile compound characterization of *Lavandula stoechas* L. subsp. *stoechas* – an economically important source of essential oil // Records of Natural Products. 2019. Vol.13. No 2. P.121–128.
17. Yegorova N. A., Mitrofanova I. V., Brailko V. A., Grebennikova O. A., Paliy A. E., Stavtseva I. V. Morphogenetic, physiological, and biochemical features of *Lavandula angustifolia* at long-term micropropagation *in vitro* // Russian Journal of Plant Physiology. 2019. Vol. 66. No. 2. P. 326–334. DOI: 10.1134/S1021443719010060.
18. Xiaojun W., Liang J., Mei L., Minan Z., Haiqing Z., Yaozu X. Bioreactor culture and plant regeneration from cell clusters of the aromatic plant, *Lavandula angustifolia* 'Munstead' // The Journal of Horticultural Science and Biotechnology. 2007. Vol. 82. No. 5. P.781–785.
19. Tsuru M., Inoue M., Kameoka H. Variation in essential oil components in regenerated lavender (*Lavandula vera* D.C.) plants // Sci. Hort. 2001. Vol. 88. No. 4. P. 309–317.
20. Gonçalves S., Romano A. *In vitro* culture of lavenders (*Lavandula spp.*) and the production of secondary metabolites // Biotechnology Advances. 2013. Vol. 31. P.166–174.
21. Yegorova N. A. Some aspects of essential oil plants biotechnology: callus and morphogenesis induction, use of somaclonal variability // Plant Physiology and Genetics. 2014. Vol. 46. No. 2. P. 108–120.
22. Yegorova N. A., Stavtseva I. V. Development of selective system *in vitro* for obtaining lavender callus lines resistant to low temperature // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. 2017. No. 4 (67). P. 48–51. DOI: 10.21515/1999-1703-67-48-51.
23. Georgiev M., Georgiev V., Penchev P., Antonova D., Pavlov A., Ilieva M., Popov S. Volatile metabolic profiles of cell suspension cultures of *Lavandula vera*, *Nicotiana tabacum* and *Helianthus annuus*, cultivated under different regimes // Eng. Life Sci. 2010. Vol. 10. No. 2. P.148–157. DOI: 10.1002/elsc.200900090.
24. Patel S., Gaur R., Upadhyaya M., Mathur A., Mathur A. K., Bhakuni R. S. *Glycyrrhiza glabra* (Linn.) and *Lavandula officinalis* (L.) cell suspension cultures-based biotransformation of  $\beta$ -artemether // Journal of Natural Medicines. 2011. Vol. 65. No. 3-4. P. 646–650.
25. De Bona C. M., Santos G. D., Biasi L. A. *Lavandula* calli induction, growth curve and cell suspension formation // Revista Brasileira de Ciências Agrárias. 2012. Vol. 7. No. 1. P. 17–23. DOI: 10.5039/agraria.v7i1a1121.
26. Pavlov A. I., Georgiev M. I., Ilieva M. P. Production of rosmarinic acid by *Lavandula vera* MM cell suspension in bioreactor: effect of dissolved oxygen concentration and agitation // World Journal of Microbiology and Biotechnology. 2005. Vol. 21. No. 4. P.389–392.
27. Georgiev M., Abrashev R., Krumova E., Demirevska K., Ilieva M., Angelova M. Rosmarinic acid and antioxidant enzyme activities in *Lavandula vera* MM cell suspension culture: a comparative study // Appl Biochem Biotechnol. 2009. Vol. 159. P.415–425. DOI 10.1007/s12010-008-8437-3.
28. Kalinin F. L., Sarnatskaya V. V., Polishchuk V. E. Methods of tissue culture in plant physiology and biochemistry. Kiev: Naukova dumka, 1980. 488 p.
29. Ilieva-Stoilova M. P., Pavlov A. I., Kovatcheva-Apostolova E. G. Further research into *Lavandula* species. Cell cultures of *L. vera* and rosmarinic acid production. Lavender. The genus *Lavandula* / Ed. Lis-Balcnin M. London, New York: publ. by Taylor and Francis, 2002. P.214–226.
30. Yegorova N. A. Obtaining of plants-regenerants in callus culture of lavender and their micropropagation *in vitro* (guidelines). Simferopol: IEMP UAAS, 2008. 28 p.
31. Yegorova N. A. Variability of lavender callus culture during long-term passaging *in vitro* // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2017. No. 1 (9). P. 16–27.
32. Ardekani M. R. S., Linley P. A., Harkiss K. J., Mohagheghzadeh A., Gholami A., Mosaddeg M. Biotransformation of monoterpenoids by suspension cultures of *Lavandula angustifolia* // Iranian J. of Pharmaceutical Sciences. 2007. Vol. 3. No. 2. P. 93–100.

UDC 633.81:57.085.2

Yegorova N. A.

**OPTIMIZATION OF THE CONDITIONS FOR OBTAINING AND CHARACTERISATION OF LAVENDER SUSPENSION CULTURE**

**Summary.** *Narrow-leaved lavender is one of the most common essential oil plants in southern Russia, which is widely used in the perfumery, cosmetics, food industries, and medicine. When developing cell technologies of this species, it is important to choose a suitable biotechnological object and in vitro cultivation regimes. The purpose of this work – optimization of the conditions for obtaining lavender cell suspension culture and its characteristic. The tissues and organs of lavender plants (Lavandula angustifolia Mill.) cultivar ‘Stepnaya’ were the material of this research. Callus was obtained from leaf explants and cultured on Murasige and Skoog medium (MS) supplemented with 1.0 mg/l NAA and 0.5 mg/l BAP. To obtain a primary suspension culture, callus tissue was transferred into flasks with a liquid culture medium and cultivated on a shaker. When optimizing conditions for the long-term growth of suspension culture, we studied the effect on its main parameters (density, viability, and aggregation) of the initial suspension density, the culture medium hormonal composition and the duration of cultivation in the growing cycle. The best growth of the suspension was provided by a nutrient medium of the same composition as for the induction of callus (MS with NAA and BAP), the initial density for subculturing the suspension  $1.8\text{--}2.0 \times 10^4$  cells/ml and the shaker rotation speed 90 rev./min. The cytophysiological characteristic of the cell population in the suspension growth cycle was given and the duration of the main phases of the growth cycle was determined. During the growing cycle under deep cultivation of lavender, an increase in the suspension density was 22 times. The growth cycle of the suspension culture and the duration of its main phases were shorter than that of callus tissue. The stationary phase of the cell population began on the 14<sup>th</sup> day of cultivation. At all phases of the growth cycle cell viability reached 69.7–81.2 %. The content of the unicellular fraction varied from 19.8 to 33.4 %; at the stationary phase, it was 30.8 %. The developed regimes of the long-term cultivation of a cell suspension ensured its good growth during 3–4 years. The possibility of using a lavender suspension culture for unicellular cloning has been shown.*

**Keywords:** *Lavandula angustifolia, cell suspension culture, culture medium, in vitro, aggregation and density of suspension.*

Егорова Наталья Алексеевна, доктор биологических наук, заведующая лабораторией биотехнологии ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма», 295493, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: yegorova.na@mail.ru.

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

Дата поступления в редакцию – 13.01.2020.

Дата принятия к печати – 02.02.2020.

DOI 10.33952/2542-0720-2020-1-21-31-38

УДК 633.854.78

Костенкова Е. В.<sup>1</sup>, Бушнев А. С.<sup>2</sup>, Василько В. П.<sup>3</sup>**УРОЖАЙНОСТЬ КОНДИТЕРСКОГО ПОДСОЛНЕЧНИКА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ**<sup>1</sup>ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»;<sup>2</sup>ФГБНУ «Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В. С. Пустовойта»»;<sup>3</sup>ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина»

**Реферат.** На сегодняшний день об элементах технологии возделывания сортов кондитерского подсолнечника, особенно для получения крупных фракций семян, научно обоснованных данных недостаточно, а для аридных условий Крымского полуострова они практически отсутствуют. Поэтому данная проблема является актуальной. Так, целью наших исследований, проведенных в 2018–2019 гг. в научном севообороте отделения полевых культур ФГБУН «НИИСХ Крыма» (с. Клепинино), стала оптимизация сроков посева и густоты стояния растений для получения крупных фракций семян крупноплодного подсолнечника. В двухфакторном полевом опыте определяли влияние сроков посева (фактор А) – I, II, III декады апреля и густоты стояния растений (фактор В) – 20, 25, 30, 35, 40 тыс. шт./га на урожайность семян среднераннего сорта крупноплодного кондитерского подсолнечника СПК. Выход фракций семян подсолнечника определяли при помощи решет с типоразмерами ячеек: круглые с размером отверстия 7 мм (фракция 7,0+) и продольные щелевидные 3,8 × 20 мм (фракция 3,8+). Агроклиматические условия в годы исследований были контрастными: в 2018 г. в начале вегетационного периода из-за дефицита осадков была объявлена чрезвычайная ситуация, что негативно отразилось на продуктивности, а в 2019 г. погода благоприятствовала вегетации культуры. Установлено, что выход фракций семян как 3,8+, так и 7,0+ с увеличением густоты стояния растений с 20 до 40 тыс. шт./га и при посеве в ранние и поздние сроки уменьшался. Максимальное его значение зафиксировано при посеве во II декаде апреля с густотой стояния 20 тыс. шт./га и составило 83,4 % (3,8+) и 74,9 % (7,0+). Наибольшая урожайность изучаемых фракций семян отмечена при посеве подсолнечника во II декаде апреля с густотой стояния 20 тыс. шт./га – 1,10 т/га (3,8+) и 30 тыс. шт./га – 1,01 т/га (7,0+). Выявлена тесная отрицательная корреляция между урожайностью семян фракций 7+ и 3,8+ и густотой стояния растений ( $r = -0,76... -0,97$ ).

**Ключевые слова:** подсолнечник (*Helianthus annuus* L.), фракции семян, урожайность, густота стояния растений, сорт, сроки посева.

**Введение**

Производство подсолнечника – важнейшая народнохозяйственная задача, решение которой обуславливает не только обеспечение населения полезным растительным маслом [1], но и употребление его семян для приготовления кондитерских изделий, хлеба, шоколада, мороженого, добавок к салатам, а также в жареном виде и в качестве корма для птиц [2].

Известно, что подсолнечник дифференцируют на масличный и кондитерский (крупноплодный) [3, 2]. На Западе, особенно в США и Бразилии, крупноплодный подсолнечник традиционно разделяют на грызовый, полугрызовый и кондитерский. Следует отметить, что форма семян в этих регионах идентична форме масличного [4]. В некоторых странах мира для потребителей важен окрас семян. Так, в Турции предпочтение отдают белым семянкам со светло-серыми полосами, в Сербии, Болгарии, Молдове и Румынии – черным. Больше всего на душу населения

кондитерский подсолнечник употребляют в Турции. Однако местные фермеры, даже в условиях орошения, не собирают высоких урожаев. Одна из главных причин – отсутствие сертифицированных и высококачественных семян. Семенной материал низших репродукций приводит к разветвлению форм и поражению различными заболеваниями [5].

От других культурных форм подсолнечника, особенно по морфологическим признакам семян, их крупности и форме, сильно отличается армянская популяция [6]. В Армении масштабное производство подсолнечника не развито и селекционные работы с этой культурой не проводили. Длинноплодные семянки грызового типа сформировались в этом регионе исключительно из-за предпочтений местного населения. На приусадебных участках люди старались оставлять для использования в пищу и дальнейшего размножения растения в основном с крупными семянками удлиненной формы. В результате только в армянской популяции семянки имеют соотношение длины к ширине 3:1, и такой экотип больше нигде не распространен из-за изоляции, создаваемой горными хребтами [7].

К семянкам крупноплодного подсолнечника предъявляют особенные требования по крупности, лужистости, а также содержанию в них масла и белка. Стабильный спрос как на обрубленные, так и на целые семянки кондитерского подсолнечника существует в западноевропейских странах, Аргентине, США, Китае, Турции, Российской Федерации. На сегодняшний день разработана технология фракционирования и обрушивания семян подсолнечника кондитерских сортов, обеспечивающая высокий коэффициент целостности ядра [8]. Но цену в основном определяет размер и качество семян.

Еще в 1998 г. зарубежные ученые установили, что ядро кондитерского подсолнечника должно быть не менее 8–9 мм длиной, 2,5 см шириной, масса 1000 семян должна составлять 80 г, содержание масла – менее 30 %, а соотношение ядро: лужга – 50:50 [9]. Наши современники [10] считают, что в идеале семена крупноплодного подсолнечника должны быть не менее 12 мм в длину, 7,0 и 3,8 мм в ширину и толщину соответственно. Установленные параметры зависят от элементов технологии возделывания культуры. Так, для получения крупных семян в Средней Анатолии и Турции кондитерский подсолнечник сеют с густотой стояния 20 тыс. раст./га [5].

С появления кондитерского подсолнечника как сельскохозяйственной культуры в России по настоящее время требования к товарной продукции постоянно расширяются. Основные свойства семян (объемная масса, масса 1000 шт.) остаются в приоритете, причем выход крупной фракции оценивают не по этим показателям, а по линейным размерам семянки. Так, при формировании закупочной стоимости предпочтение отдают фракциям семян 3,8+ и 7,0+, а наибольшую цену имеет фракция 4,5+. Ученые ВНИИМК в своих исследованиях выявили, что самая высокая урожайность фракции 4,5+ у различных кондитерских сортов подсолнечника получена при посеве с густотой стояния 20 тыс. шт./га – 1,48–1,80 т/га. При этом с загущением посевов с 20 до 50 тыс. шт./га снижалась не только урожайность, но и масса 1000 семян, лужистость, урожайность ядер семян и масса 1000 ядер, а объемная масса данной фракции возрастала [11].

В Крыму с загущением посевов подсолнечника с 30 до 40 тыс. шт./га, равно как и при посеве в поздние или ранние сроки, наблюдали уменьшение урожайности, массы 1000 семян, а также отмечали тенденцию к снижению урожайности фракций семян 7,0+ и 3,8+ [12].

В целом, элементы технологии возделывания сортов кондитерского подсолнечника изучены недостаточно [13]. И для аридных условий Крымского полуострова эта проблема также является актуальной.



**Цель исследований** – оптимизация сроков посева и густоты стояния растений для формирования крупных фракций семян кондитерского подсолнечника.

**Материалы и методы исследований**

Исследования проводили в научном севообороте отделения полевых культур ФГБУН «НИИСХ Крыма» (с. Клепинино). В двухфакторном полевом опыте в трехкратной повторности определяли влияние сроков посева (фактор А) – I, II, III декады апреля и густоты стояния растений (фактор В) – 20, 25, 30, 35, 40 тыс. шт./га, при ширине междурядий 70 см на урожайность фракций семян среднераннего кондитерского подсолнечника сорта СПК. Общая площадь делянки – 28 м<sup>2</sup>, учетная – 14 м<sup>2</sup>. Посев проводили ручными сажалками по три семечки в гнездо с последующей прорывкой в фазе 2–3 пар настоящих листьев. Заданную густоту стояния формировали оставлением в гнезде одного растения. Уборку урожая проводили малогабаритным комбайном «Сампо-130». Урожай приводили к 100 % чистоте и 10 % влажности семян. Выход фракции семян крупноплодного кондитерского подсолнечника определяли при помощи решет с типоразмерами ячеек: круглые с размером отверстия 7 мм (далее по тексту 7,0+) и продольные щелевидные 3,8 × 20 мм (далее по тексту 3,8+). Закладку полевых опытов и статистическую обработку результатов выполняли в соответствии с методическими указаниями Б. А. Доспехова [14] и методикой проведения полевых и агротехнических опытов с масличными культурами [15].

Метеоусловия в 2018 г. характеризовались дефицитом осадков в начале вегетации, в связи с чем в большинстве районов Республики Крым была объявлена чрезвычайная ситуация (таблица 1). Интенсивность почвенной и атмосферной засухи снизили ливневые дожди, выпавшие в III декаде июня (225 % нормы) и в конце июля (360 % среднееголетней нормы). В целом, растениям не хватило почвенной влаги для формирования высокой урожайности, семена получены в сравнительно малом количестве, и они были довольно крупные, особенно при большей площади питания. В 2019 г. во время вегетации растений подсолнечника не зафиксировано длительных засух и температурный режим характеризовался как пониженный. Сложившиеся в этот год условия благоприятствовали вегетации культуры и оказали положительное влияние на продуктивность.

**Таблица 1 – Количество осадков и среднесуточная месячная температура воздуха за период исследований**

Месяц					
IV	V	VI	VII	VIII	IX
среднее многолетнее количество осадков, мм					
32,0	35,0	62,0	45,0	45,0	30,0
2018 г.					
3,1	15,6	46,3	136,8	4,3	88,8
2019 г.					
27,2	23,9	119,6	67,5	7,6	21,1
среднесуточная многолетняя температура воздуха, °С					
10,0	15,5	20,1	23,3	22,3	16,8
2018 г.					
13,2	19,0	22,7	24,1	25,1	18,8
2019 г.					
9,9	17,7	23,9	23,1	23,7	18,3

ГТК в 2018 г. составил 0,7, в 2019 г. – 0,8, что по Селянинову оценивается как засушливые условия.

Статистическую обработку полученных результатов выполняли методом двухфакторного дисперсионного анализа.

**Результаты и их обсуждение**

В исследованиях 2018–2019 гг. выход фракции семян 3,8+ с увеличением густоты стояния растений с 20 до 40 тыс. шт./га уменьшался с 61,6 до 31,7 %, при посеве в ранние и поздние сроки – с 56,9 до 39,4 % (таблица 2). Наибольший сбор

семян этой фракции отмечен при посеве подсолнечника во второй декаде апреля с густотой стояния растений 20 тыс. шт./га и составил 1,10 т/га.

**Таблица 2 – Урожайность кондитерского подсолнечника фракции семян 3,8+ в зависимости от сроков посева и густоты стояния растений (среднее за 2018–2019 гг.)**

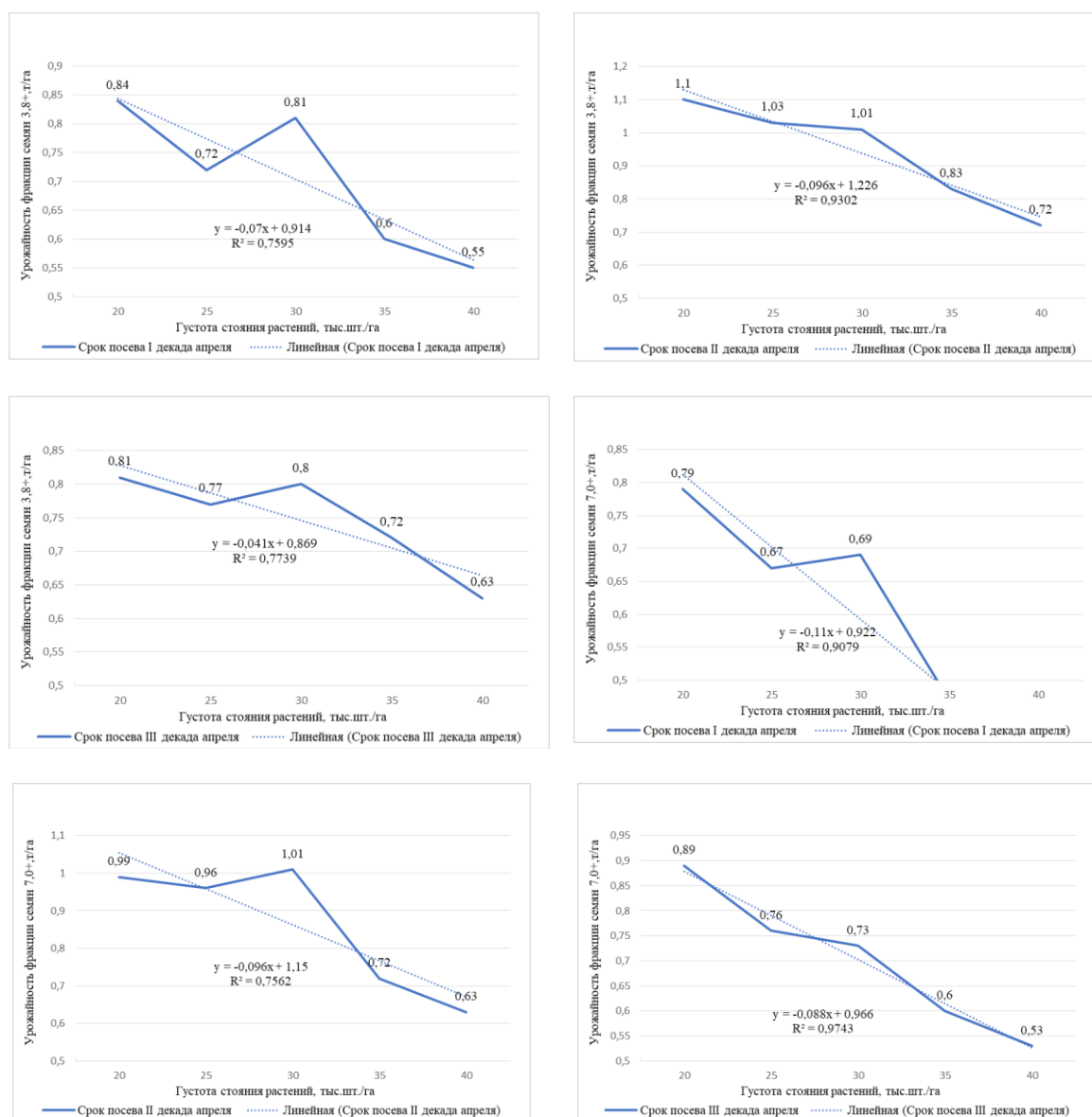
Срок посева (фактор А)	Густота стояния растений, тыс. шт./га (фактор В)	Выход фракции, %			Урожайность, т/га		
		Х	среднее по фактору А	среднее по фактору В	Х	среднее по фактору А	среднее по фактору В
I декада апреля	20	52,7	39,4	61,6	0,84	0,70	0,91
	25	42,9		51,4	0,72		0,84
	30	42,8		45,3	0,81		0,87
	35	30,6		36,2	0,60		0,71
	40	27,7		31,7	0,55		0,63
II декада апреля	20	83,4	56,9	-	1,10	0,94	-
	25	68,4			1,03		
	30	54,4			1,01		
	35	43,2			0,83		
	40	35,5			0,72		
III декада апреля	20	48,8	39,4	-	0,81	0,74	-
	25	42,8			0,77		
	30	38,7			0,80		
	35	34,9			0,72		
	40	32,0			0,63		
НСР <sub>05</sub> вариантов		-	-	-	0,28	-	-
НСР <sub>05</sub> фактора А		-	-	-	-	0,13	-
НСР <sub>05</sub> фактора В		-	-	-	-	-	0,16

Выход фракции семян 7,0+ с увеличением густоты стояния растений с 20 до 40 тыс. шт./га снижался с 64,2 до 25,2 % (таблица 3).

**Таблица 3 – Урожайность кондитерского подсолнечника фракции семян 7,0+ в зависимости от сроков посева и густоты стояния растений (среднее за 2018–2019 гг.)**

Срок посева (фактор А)	Густота стояния растений, тыс. шт./га (фактор В)	Выход фракции, %			Урожайность семян, т/га		
		Х	среднее по фактору А	среднее по фактору В	Х	среднее по фактору А	среднее по фактору В
I декада апреля	20	48,9	31,2	64,2	0,79	0,59	0,89
	25	36,4		49,5	0,67		0,80
	30	30,6		41,8	0,69		0,81
	35	23,1		30,4	0,47		0,59
	40	17,1		25,2	0,34		0,49
II декада апреля	20	74,9	52,3	-	0,99	0,86	-
	25	63,9			0,96		
	30	55,9			1,01		
	35	36,7			0,72		
	40	30,2			0,63		
III декада апреля	20	68,8	43,1	-	0,89	0,70	-
	25	48,3			0,76		
	30	38,8			0,73		
	35	31,4			0,60		
	40	28,4			0,53		
НСР <sub>05</sub> вариантов		-	-	-	0,33	-	-
НСР <sub>05</sub> фактора А		-	-	-	-	0,15	-
НСР <sub>05</sub> фактора В		-	-	-	-	-	0,19

Установлена тесная отрицательная корреляция между урожайностью фракций семян 7,0+ и 3,8+ и густотой стояния растений с коэффициентами корреляции  $r = -0,76... -0,97$  (см. рисунок), что согласуется с полученными результатами в ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК (г. Краснодар) [16, 17]. Выявлено, что самая высокая зависимость урожайности фракции 3,8+ от густоты стояния растений отмечена при посеве во II декаде апреля, где с загущением на 10 тыс. раст./га она снижалась на 0,096 т/га, а фракции 7,0+ при посеве в III декаде апреля – на 0,088 т/га.



**Рисунок – Зависимость урожайности фракций семян фракции 3,8+ и 7,0+ кондитерского подсолнечника от густоты стояния растений (среднее за 2018–2019 гг.)**

### Выводы

В результате исследований установлено, что выход фракций семян как 3,8+, так и 7,0+ с увеличением густоты стояния растений с 20 до 40 тыс. шт./га и при посеве в ранние и поздние сроки уменьшался. Максимальное значение этого показателя зафиксировано при посеве во II декаде апреля с густотой стояния

растений 20 тыс. шт./га и составило 83,4 % (3,8+) и 74,9 % (7,0+). Наибольшая урожайность изучаемых фракций семян получена при посеве подсолнечника во II декаде апреля с густотой стояния растений 20 тыс. шт./га – 1,10 т/га (3,8+) и 30 тыс. шт./га – 1,01 т/га (7,0+).

### Литература

1. Тишков Н. М., Бородин С. Г. Продуктивность сортов кондитерского подсолнечника в зависимости от густоты стояния растений // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2009. № 1 (140). С. 57–64.
2. Jovic S., Miladinovic D., Kaya Y. Breeding and genetics of sunflower // In: Sunflower chemistry, production, processing, and utilization // Ed. by Martinez-Force E., Turgut Dunford N., Salas J. J. USA: AOCS Press, 2015. P. 1–26.
3. Salunkhe D. K., Chavan J. K., Adsule R. N., Kadam S. S. World oilseeds: Chemistry, Technology, and Utilization. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991. P. 554.
4. Lofgren J. R. Sunflower for confectionery food, bird food and pet food // In: Sunflower science and technology // Ed. By Carter J. F. USA, Madison, Wisconsin, 1978. P. 441–456.
5. Kaya Y. The problems of confectionery sunflower seed production of Turkey and world // 1<sup>st</sup> Turkish Seed Congress-IZMIR. Izmir, 2002. P. 75–86.
6. Таволжанский Н. П. Теория и практика создания гибридов подсолнечника в современных условиях. Белгород, Белгородская областная типография, 2000. 451 с.
7. Гриднев А. К. Морфологические признаки семян армянской разновидности культурного подсолнечника var. *Armeniacus* Wenzl. et Anashez // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2017. № 1 (169). С. 31–39.
8. Шаizzo А. А., Викторова Е. П., Мхитарьянц Л. А. Инновационная технология фракционирования и обрушивания семян подсолнечника кондитерских сортов // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2014. № 3 (3). С. 32–37.
9. Jovanovic D., Skoric D., Dozet B. Confectionery sunflower breeding // Proceedings of 2<sup>nd</sup> Balkan Symposium on Field Crops. Yugoslavia: Novi Sad, 1998. P. 349–352.
10. Децына А. А., Терещенко Г. А., Илларионова И. В. Скороспелый крупноплодный сорт подсолнечника кондитерского типа Белочка // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2018. № 2 (174). С. 141–144.
11. Лукомец В. М., Тишков Н. М. Урожайность и качественные показатели крупной фракции семян при выращивании сортов кондитерского подсолнечника с разной густотой стояния растений // Масличные культуры. 2019. № 2 (178). С. 47–54.
12. Костенкова Е. В., Бушнев А. С., Василько В. П. Продуктивность кондитерского подсолнечника в зависимости от сроков посева и густоты стояния растений // Материалы 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. 430–436.
13. Тишков Н. М., Дряхлов А. А. Урожайность и качество урожая сортов крупноплодного подсолнечника в зависимости от густоты стояния растений // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень ВНИИМК. 2016. Вып. 4 (168). С. 45–54.
14. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 207 с.
15. Методика проведения полевых агротехнических опытов с масличными культурами / Под ред. Лукомца В. М. Краснодар: ООО РИА «АлВи-дизайн», 2010. 327 с.
16. Бушнев А. С. Роль сортовых агротехник в реализации продуктивности масличных культур с учетом изменяющихся погодно-климатических условий // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень ВНИИМК. 2011. № 2. С. 61–67.
17. Тишков Н. М., Тильба В. А., Шкарупа М. В. Влияние густоты стояния растений на продуктивность сортов крупноплодного подсолнечника // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2018. Вып. 2 (174). С. 41–46.

### References

1. Tishkov N. M., Borodin S. G. Productivity of sunflower confectionary varieties depending on plant population density // Oil crops. Scientific and Technical Bulletin of All-Russian Scientific Research Institute of Oil Crops. 2009. No. 1 (140). P. 57–64.

2. Jovic S., Miladinovic D., Kaya Y. Breeding and genetics of sunflower // In: Sunflower chemistry, production, processing, and utilization / Ed. by Martínez-Force E., Turgut Dunford N., Salas J. J. USA: AOCSS Press, 2015. P. 1–26.
3. Salunkhe D. K., Chavan J. K., Adsule R. N., Kadam S. S. World oilseeds: chemistry, technology, and utilization. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991. P. 554.
4. Lofgren J. R. Sunflower for confectionery food, bird food and pet food // In: Sunflower science and technology / Ed. by Carter J. F. USA, Madison, Wisconsin, 1978. P. 441–456.
5. Kaya Y. The problems of confectionery sunflower seed production of Turkey and world // 1<sup>st</sup> Turkish Seed Congress-IZMIR. Izmir, 2002. P. 75–86.
6. Tavalzhansky N. P. Theory and practice of creating sunflower hybrids in modern conditions. Belgorod: Belgorod regional printing house, 2000, 451 p.
7. Gridnev A. K. Morphological traits of seeds of Armenian type of cultivated sunflower var. Armeniacus Wenzl. et Anashez // Oil crops. Scientific and Technical Bulletin of All-Russian Scientific Research Institute of Oil Crops. 2017. No. 1 (169). P. 31–39.
8. Shazzo A. A., Viktorova E. P., Mkhitaryants L. A. Innovative technology fractionation and falling in confectionary sunflower seed// Technologies of food and processing industry of AIC – healthy food. 2014. No. 3 (3). P. 32–37.
9. Jovanovic D., Skoric D., Dozet B. Confectionery sunflower breeding // Proceedings of the 2<sup>nd</sup> Balkan Symposium on Field Crops. Yugoslavia: Novi Sad, 1998. P. 349–352.
10. Detsyna A. A., Tereshchenko G. A., Illarionova I. V. Early-ripening confectionary sunflower variety Belochka// Oil crops. Scientific and Technical Bulletin of All-Russian Scientific Research Institute of Oil Crops. 2018. No. 2 (174). P. 141–144.
11. Lukomets V. M., Tishkov N. M. Productivity and quality indicators of a large seed fraction of confectionery sunflower varieties cultivated at different plant populations // Oil crops. 2019. No. 2 (178). P. 47–54.
12. Kostenkova E. V., Bushnev A. S., Vasilko V. P. Productivity of confectionary sunflower depending on the terms of sowing and the density of plants // In the collection: Innovative directions in the chemization of agriculture and agricultural production. Materials of the All-Russian scientific and practical conference with international participation and the All-Russian School of young scientists. Belgorod: Belgorod Federal Agrarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 2019. P. 430–436.
13. Tishkov N. M., Dryakhlov A. A. Yield and yield quality of confectionary sunflower varieties depending on plant populations // Oil crops. Scientific and Technical Bulletin of All-Russian Scientific Research Institute of Oil Crops. 2016. Vol. 4 (168). P. 45–54.
14. Dospekhov B. A. Method of field research. Moscow: Agropromizdat, 1985. 207 p.
15. Methodology of field agricultural experiments with oil crops // Ed. by Lukomets V. M. Krasnodar: RIA “AIVi-design” LLC, 2010. 327 p.
16. Bushnev A. S. The role of varietal crop management in realization of oil crops productivity in the view of weather and climate changing conditions // Oil crops. Scientific and Technical Bulletin of All-Russian Scientific Research Institute of Oil Crops. 2011. No. 2. P. 61–67.
17. Tishkov N. M., Tilba V. A., Shkarupa M. V. The impact of plant population on the productivity of confectionary sunflower varieties// Oil crops. Scientific and Technical Bulletin of All-Russian Scientific Research Institute of Oil Crops. 2018. Vol. 2 (174). P. 41–46.

UDC 633.854.78

Kostenkova E. V., Bushnev A. S., Vasilko V. P.

### **YIELD OF CONFECTIONERY SUNFLOWER DEPENDING ON THE ELEMENTS OF CULTIVATION TECHNOLOGY**

**Summary.** *To date, there is not enough scientific data on the elements of the technology of cultivation of varieties of confectionery sunflower, especially for obtaining large fractions of seeds. Furthermore, in the arid conditions of the Crimean Peninsula, they are practically not studied. In this regard, this problem is relevant. So, the aim of our study was the optimization of sowing time and plant density to obtain large fractions of the seeds of large-fruited sunflower. Experiments were carried out in 2018–2019. Crop rotation was located in the village of Klepinino (Federal State Budget Scientific Institution “Research Institute of Agriculture of Crimea”). In the two-factor field experiment the effect of sowing time (factor A): I, II, III decade of April and plant density (factor B): 20, 25, 30, 35, 40 thousand units per ha was determined. Medium early-ripening variety of*

confectionery sunflower SPK served as an object of the research. The yield of the seed fraction was determined using sieves of standard sizes: round with 7 mm-openings (fraction 7.0+) and oblongslit-like 3.8 x 20 mm ones (fraction 3.8+). Agro-climatic conditions in the years of research were quite contrasting. In 2018, at the beginning of the growing season, an emergency was announced due to a lack of precipitation. In 2019, the weather favored the vegetation of the crop. The yield of 3.8+ and 7.0+ seed fractions decreased because of an increase in the density of plants from 20 to 40 thousand units per ha and when sowing in early and late periods. The maximum value of this indicator reached 83.4 % (3.8+) and 74.9 % (7.0+) when *Helianthus annuus* was planted in the second decade of April and the density was 20 thousand units per ha. The highest yield (1.1 t/ha (3.8+)) of the studied seed fractions was obtained when sunflower was sown in the second decade of April with a density of 20 thousand units per ha, as well as 30 thousand units per ha – 1.01 t/ha (7.0+). A close negative correlation was found between the yield of 7+ and 3.8+ and the density of standing plants. The correlation coefficients were 0.76–0.97.

**Keywords:** *Helianthus annuus* L., seed fractions, yield, plant density, variety, sowing time.

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

Бушнев Александр Сергеевич, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК; 350038, г. Краснодар, ул. Филатова, д. 17; e-mail: vniimk-agro@mail.ru.

Василько Валентина Павловна, кандидат сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ; 350044, Россия, г. Краснодар, ул. Калинина, 13; e-mail: zemled@kubsau.ru.

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

Bushnev Alexander Sergeevich, Cand. Sc. (Agr.), docent, Federal Scientific Center VNIIMK; 17, Filatova str., Krasnodar, 350038, Russia; e-mail: vniimk-agro@mail.ru.

Vasilko Valentina Pavlovna, Cand. Sc. (Agr.), professor, FSBEI HE Kuban SAU; 13, Kalinina str., Krasnodar, 350044, Russia; e-mail: zemled@kubsau.ru.

*Дата поступления в редакцию – 27.11.2018.*

*Дата принятия к печати – 10.01.2019.*

**КОНЦЕПЦИЯ НОВОГО ПОДХОДА К МЕХАНИЗАЦИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ  
ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР**

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина»

**Реферат.** Актуальность предлагаемой концепции определяется необходимостью дальнейшего повышения производительности труда и снижения затрат на производство продукции в сельском хозяйстве. Цель исследований – разработать концептуально новый комплекс систем машин и принципов в механизации производства для повышения производительности труда. Концепция разработана в 2019–2020 гг. авторами исследования в ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина» с использованием метода анализа и синтеза механизированных процессов при возделывании полевых культур и новых разработок. Предложен новый подход к механизации процессов возделывания полевых культур, основанный на обосновании технического обеспечения, рационального состава машинно-тракторных агрегатов согласно изобретениям авторов, оптимальной номенклатуры технических средств, включающих восемь наименований мобильной энергетики и 66 марок прицепных, навесных, полунавесных машин и приспособлений к ним. Данные подходы к механизации процессов базируются на совмещении технологических операций за один проход многофункциональных агрегатов, строгом выполнении требований системы земледелия, применении прицепных и навесных зерно-кормосвеклоуборочных комбайнов, тем самым повышая плодородие почвы, производительность и экономическую эффективность. Расчеты технологических карт возделывания полевых культур с применением предлагаемой системы машин для механизации полеводства показали повышение производительности труда по сравнению с базовым вариантом в два раза. Разработана концептуальная схема обоснования предлагаемой системы машин для механизации полеводства. Мобильная энергетика в концептуальной схеме включает универсальное энергосредство «U-450» мощностью 450 л. с. и две марки тракторов по 180 и 90 л. с., укомплектованных шлейфом навесных, прицепных и полунавесных серийных машин в числе 66 марок. Представленная мобильная энергетика обеспечит высокопроизводительное, качественное и своевременное выполнение всего объема механизированных полевых работ с минимальными затратами труда и денежных средств, составив высокую конкурентоспособность продукции полеводства. Обоснована взаимоувязка машин в составе многофункциональных агрегатов, способствующих комплексному выполнению механизированных работ без разрыва по времени (внесение основного удобрения – основная обработка почвы, ее разделка и выравнивание в пахотном многофункциональном агрегате и др.)

**Ключевые слова:** концепция, механизация, техника, полеводство, производительность, затраты.

**Введение**

Повышение производительности труда в сельском хозяйстве и снижение затрат требует перехода на новые технологии и средства механизации производственных процессов. За последние годы в литературе отсутствуют научно обоснованные рекомендации оптимального технического обеспечения процессов

возделывания полевых культур, а сложившаяся практика «стихийного» комплектования сельхозпредприятий парком машин не только не дает должного эффекта от новой техники, но и приводит к некоторым негативным явлениям, увеличивая стоимость продукции, разрушая структуру почвы и снижая ее плодородие.

Современные подходы к механизации возделывания полевых культур уже не обеспечивают нужные темпы роста производительности труда – главного показателя эффективности производства [1–3]. Известно, что оптимизация парка машин по критерию наивысшей производительности труда выдает рекомендации по самым дорогостоящим тяжелым и энергоемким машинам, состав которых не оптимален по денежным затратам. К тому же, возрастут капиталовложения в механизацию, металло- и энергоемкость. Необходимо компромиссное решение к подбору средств механизации, когда производительность труда возрастает при условии снижения денежных затрат по сравнению с базовым вариантом. При этом капиталовложения в средства механизации необходимо сокращать не меньше, чем в два раза. Выходом может стать внедрение новых предлагаемых авторами многофункциональных агрегатов, совмещающих за один проход по полю несколько технологических операций. Известно, что современные технологии в полеводстве связаны с большим количеством проходов машин по полю, что уплотняет почву, разрушает ее структуру, снижает плодородие. Установлено, что площадь уплотненной пашни по следам колес тракторов и сельхозмашин за цикл возделывания в 6–8 раз превышает обрабатываемую пашню. Существуют данные, показывающие, что на посевах с плотностью почвы, превышающей оптимальную, урожайность сельскохозяйственных культур снижается на 16–37 % [4].

Указанная задача повышения производительности труда и снижения затрат при возделывании полевых культур может быть решена с использованием концепции нового подхода к выбору средств механизации, строго соблюдающих требования научно обоснованной системы земледелия применительно к природно-климатическим условиям регионов. Учет природно-климатических условий в регионе, главным образом рельефа, типа почв, размеров полей, набора сельхозкультур севооборота – необходимые исходные предпосылки к выбору средств механизации, но требуются обязательные концептуальные принципы формирования системы машин.

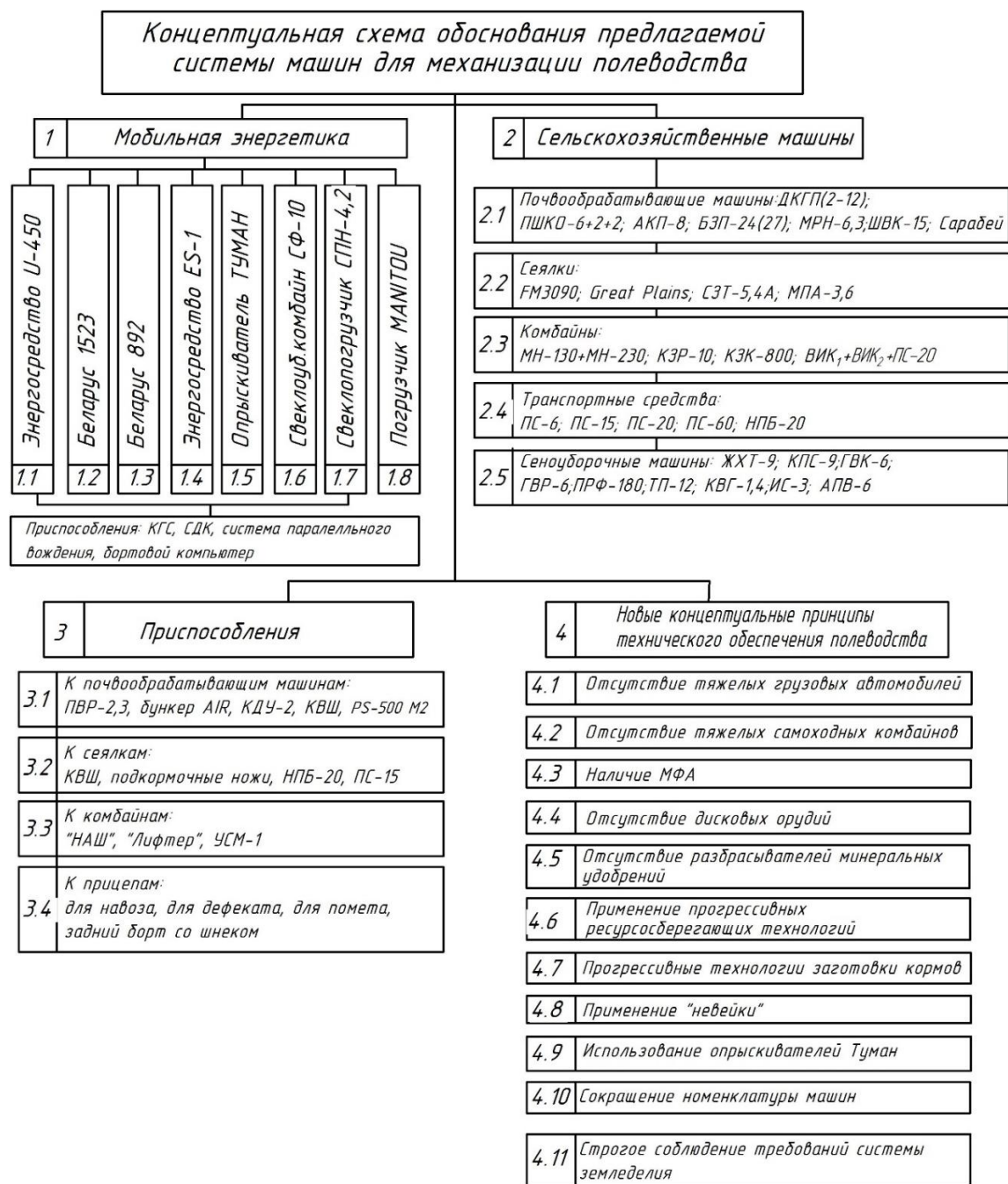
**Цель исследований** – разработать концептуально новый комплекс систем машин и принципов в механизации производства для повышения производительности труда.

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

Для разработки концепции использован метод анализа и синтеза механизированных процессов возделывания полевых культур с применением базовой и предлагаемой систем машин и отдельных машинно-тракторных агрегатов (МТА) и метод обобщения инновационных разработок по комплектованию многофункциональных МТА [5, 6].

Концептуальная схема обоснования предлагаемой системы машин для полеводства (рисунок) содержит четыре блока: 1 – мобильная энергетика; 2 – сельскохозяйственные машины; 3 – приспособления к машинам; 4 – новые концептуальные принципы технического обеспечения полеводства.





**Рисунок – Концептуальная схема обоснования предлагаемой системы машин для механизации полеводства**

Сформулированные одиннадцать концептуальных принципов (4.1–4.11) учтены нами при формировании предлагаемой системы машин для механизации полеводства.

#### Результаты и их обсуждение

Сущность концепции представлена четырьмя блоками (см. рисунок). Первый блок «Мобильная энергетика» включает восемь типов энергетических средств:

- 1.1 – универсальное энергосредство «U-450»;
- 1.2 – колесный трактор тягового класса 3 «Беларус 1523»;
- 1.3 – колесный трактор тягового класса 1,4 «Беларус 892»;
- 1.4 – энергосредство «ES-1» с двигателем 100 л. с.;

- 1.5 – энергосредство «ТУМАН» с двигателем 100 л. с.;
- 1.6 – самоходный свеклоуборочный комбайн «СФ-10» для подготовки полей к уборке;
- 1.7 – самоходный свеклопогрузчик «СПМ-4,2»; 1.8 – универсальный погрузчик «MANITOU».

Второй блок включает пять типов сельскохозяйственных машин:

- 2.1 – почвообрабатывающие машины;
- 2.2 – сеялки;
- 2.3 – комбайны;
- 2.4 – транспортные средства;
- 2.5 – свеклоуборочные машины.

Третий блок «Приспособления к машинам» включает четыре вида приспособлений:

- 3.1 – к почвообрабатывающим машинам;
- 3.2 – к сеялкам;
- 3.3 – к комбайнам;
- 3.4 – к тракторным прицепах.

В последнем четвертом блоке изложены концептуальные принципы технического обеспечения полеводства, направленные на сохранение и приумножение плодородия почвы, охрану окружающей среды, повышение производительности труда и снижение затрат.

- 4.1 – отсутствие в системе тяжелых грузовых автомобилей;
- 4.2 – отсутствие тяжелых самоходных зерно-кормо-свеклоуборочных комбайнов;
- 4.3 – наличие многофункциональных агрегатов;
- 4.4 – отсутствие дисковых орудий в системе обработки почвы;
- 4.5 – отсутствие разбрасывателей минеральных удобрений;
- 4.6 – применение новых инновационных рабочих органов машин;
- 4.7 – применение прогрессивной технологии заготовки кормов в полиэтиленовые рукава;
- 4.8 – применение «невейки» на уборке зерновых, зернобобовых, масличных культур и семян трав;
- 4.9 – применение природоохранного опрыскивателя «ТУМАН»;
- 4.10 – сокращение номенклатуры машин;
- 4.11 – строгое соблюдение требований научно обоснованной системы земледелия.

Рассмотрим каждый из четырех блоков согласно вышеперечисленным направлениям сохранения плодородия почвы, охраны окружающей среды, повышения производительности труда и снижения затрат.

В первом блоке из всей огромной номенклатуры мобильной энергетики для технического обеспечения полеводства нами выбраны только восемь самых необходимых технических средств, учитывая набор сельскохозяйственных культур в регионе и природно-климатические условия. Кроме того, представленная техника уже апробирована и показала высокую надежность в работе и эффективность. Обязательное требование – способствовать сохранению плодородия почвы, снижать ее уплотнение и разрушение структуры. Для этого предусмотрен дополнительный сменный гусеничный ход, так называемая КГС – конверсионная гусеничная система к тракторам и комбайнам, которую уже серийно производят в нашей стране. Кроме того, все мобильные энергосредства необходимо оснащать бортовым компьютером, системой дистанционного контроля за работой прицепных машин (СДК) и системой параллельного вождения агрегатов. Последняя не только облегчает работу оператора,

повышает качество стыковых междурядий и урожай, но и позволяет работать в ночное время, снижая потребность в технике и затраты на нее.

Второй блок концепции предложен на основании многолетних исследований авторов и обобщений [5, 9]. В нем рекомендуются почвообрабатывающие (2.1, рисунок) машины, сеялки (2.2), комбайны (2.3), транспортные средства (2.4) и сеноуборочная техника (2.5). Здесь особо уделено внимание сокращению номенклатуры технических средств и устранению из их числа машин, снижающих плодородие почвы. Речь идет о фрезях, дисковых почвообрабатывающих орудиях, которые образуют при работе в 1,5 раза больше пылевидных частиц, чем отвальный плуг, что подтвердили сотрудники ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина» [8]. Вторая особенность применения почвообрабатывающих машин – их должны использовать с одновременным внесением основного удобрения (глубококорыхлители-культиваторы «ДКГП», плуги «ПШКО», комбинированные агрегаты «АКП-8», ротационные мотыги «МРН» (рисунок, блок 2.1). Ширину захвата каждой из рекомендуемых машин в концепции необходимо выбирать с учетом оптимальной загрузки энергосредства. Внесение основного удобрения одновременно с обработкой почвы фронтальным бункером «AIR» на передней навеске трактора или на раме машины (в зависимости от ее конструктивных особенностей) обеспечивает высокое качество и высвобождает из номенклатуры разбрасыватель минеральных удобрений. Также упраздняются все марки глубококорыхлителей, кроме «ДКГП-(2-12)», плугов, кроме «ПШКО-(6+2+2)», все дисковые орудия, культиваторы, катки, кроме «ШВК-15». Преимущество оборотных плугов доказано их широким использованием на практике. Конструктивные особенности плугов «ПШКО» с лево- и правосторонним лемехами позволили устранить полевую доску на каждом корпусе, снизить тяговое сопротивление плуга, расход топлива и на 50 % повысить производительность. По результатам наших расчетов пахотный агрегат с плугом «ПШКО» при вспашке стерни на глубину 26 см обеспечит производительность 3,9 га/час основного времени на скорости 8,9 км/ч с удельным расходом топлива 12,3 кг/га, в то время как агрегат с плугом «ПНУ-8-40» при одинаковой глубине вспашки мог работать только на скорости 7,7 км/ч, обеспечив производительность всего 2,5 га/ч, а расход топлива составлял 15,6 кг/га. Агрегат с малоэнергоемким плугом «ПШКО» в 1,3 раза снижает удельный расход топлива и в 1,5 раза повышает производительность. Плуги «ПШКО» необходимо также оборудовать приспособлениями «ПВР-2,3» или катками «КДУ» для дополнительного крошения и выравнивания почвы. Таким образом, в соответствии с изобретением комплектуется многофункциональный пахотный агрегат, совмещающий три технологические операции за один проход по полю: внесение основного удобрения, вспашку, разделку пласта и выравнивание почвы. Сокращение числа проходов машин по полю также способствует сохранению ее плодородия.

Ротационные мотыги «МРН» также укомплектованы в многофункциональный агрегат, когда на передней навеске трактора закреплен фронтальный бункер для внесения минеральных удобрений. Аналогичный агрегат для боронования почвы с внесением удобрений можно составить с зубопружинной бороной по нашему патенту с глубококорыхлителем [5] и др.

Культиватор-подкормщик «Сарабей» (2.1, рисунок) предназначен для подкормки посевов жидкими удобрениями, которые вносят внутривредно в щели, образованные дисками культиватора. Этот прием обеспечивает высокую прибавку урожая пропашных культур. Например, в Германии от указанного агроприема прибавка урожая зеленой массы кукурузы составила 30 % [7].

Новым подходом в подразделе 2.2 «сеялки» является применение универсальной сеялки «FM 3090» для зерновых колосовых и пропашных культур, а также применение нового многофункционального посевного агрегата «МПА-3,6» [5]. Последний предназначен для посева зерновых колосовых с одновременным внесением основного, стартового удобрений и рационального прикатывания спирально-винтовым катком. Благодаря прибавке урожая зерна предлагаемый «МПА-3,6» окупается уже в первом сезоне использования. Прибавка урожая зерна от «МПА-3,6» в нашем опыте составила 1,8 ц/га. Применяют его по вспашке после зерновых колосовых и многолетних трав. По другим предшественникам под колосовые культуры выполняют поверхностную обработку почвы на глубине 8–10 см, что не позволяет рационально внести основное удобрение на нужную для корневой системы растений глубину.

Принципиально по-новому предусмотрено техническое обеспечение комбайнами (2.3, рисунок). Упразднены тяжелые, дорогие самоходные комбайны, использование которых приводит к большим потерям урожая [10]. В качестве зерноуборочных комбайнов рекомендованы прицепные безмоторные по типу «МН130» для невяяного вороха и его сепаратор «МН230» (производство Канады), а также «КЗР-12», навешиваемый на энергосредство «U-450» для подготовки полей к уборке. Для уборки кормовых культур рекомендуют «КВК-800», также навешиваемый на «U-450» (Республика Беларусь). Для уборки сахарной свеклы при любой величине урожая и состоянии ботвы наиболее эффективны прицепные комбайны «ВИК<sub>1</sub>» – дефолиатор и «ВИК<sub>2</sub>» – копатель корней. Для комплексной поточной уборки свеклы необходимы также перегрузчик «ПСС-20», погрузчик «СПН-4,2» (1.7) и самоходный комбайн «СФ-10» для подготовки полей к уборке.

Транспортные средства для полеводства (2.4, рисунок) представлены в зависимости от тягового класса трактора самосвальными прицепами «ПС-6», «ПС-15», «ПС-20», «ПС-60». Эти прицепы, кроме «ПС-60», комплектуются сменным задним бортом со шнеком, приспособлениями для внесения навоза, донного помета.

Последний подраздел 2.5 сельхозмашин представлен техникой для уборки трав на сено. Жатка «ЖХТ-9» – к энергосредству «ES-1», косилка «КПС-9» – к «U-450», измельчитель сидератов – к «Беларус 1523», агрегат подвоза воды «АПВ-6» – к «Беларус 892». «MANITOU» (1.8) – погрузчик самоходный с телескопической стрелой подъема можно применять для складирования рулонов, а также в строительстве и других работах.

Третий раздел концептуальной схемы поясняет комплект приспособлений к шлейфу сельхозмашин для составления многофункциональных агрегатов. В подразделе 3.1 – «приспособления к почвообрабатывающим машинам», все они уже рассмотрены, кроме «PS-500 М 2» – для разбрасывания удобрений и различных мелиорантов. Последние также используют с почвообрабатывающими машинами.

В подразделе 3.2 необходимо использование на загрузке зерновых сеялок семенами и удобрениями перегрузчиков «НПБ-20» и тракторных прицепов «ПС-15». Подкормочные ножи рекомендованы для основного внесения минеральных удобрений одновременно с посевом по вспаханному фону на глубину 16–18 см. Фосфорные и калийные удобрения вносят в полной дозе, а азотные – часть в составе основного удобрения, остальное – в подкормку с учетом потребности растений.

Приспособления к комбайнам (3.3) представлены адаптерами «НАШ» к зерноуборочным комбайнам для уборки кукурузы на зерно и «ЛИФТЕР» – для

уборки подсолнечника. Упаковщик сенажной массы «УСМ-1» хорошо зарекомендовал себя на заготовке сенажа и силоса в полиэтиленовые рукава.

Пояснения по подразделу 3.4 даны ранее. Следует дополнить преимущество представленных приспособлений к тракторным прицепах. Во-первых, они заменяют разбрасыватель органических удобрений и дефеката, во-вторых, оборудование их задним бортом со шнеком обеспечивает дополнительное использование на транспортировке различных сыпучих грузов, повышая годовую загрузку и эффективность.

Предложенные новые концептуальные принципы технического обеспечения (4, рисунок) коренным образом меняют привычное представление о системе механизации полеводства: практически все полевые работы выполняют многофункциональными машинными агрегатами с минимальной номенклатурой технических средств; упразднены дисковые орудия, многие марки плугов, разбрасыватели минеральных удобрений, самоходные свекло-, кормо-, зерноуборочные комбайны, разбрасыватели органических удобрений, грузовые автомобили; обеспечивается внедрение ресурсосберегающих технологий уборки зерновых культур по методу «невейка», кормовых с консервацией в полиэтиленовые рукава с использованием упаковщика и высокопроизводительного самосвального прицепа «ПС-60»; для сохранения плодородия почвы планируется применение КГС на мобильной энергетике и комбайнах, а также энергосредства «ТУМАН» на шинах-оболочках с удельным давлением  $0,1 \text{ кг/см}^2$  [5].

#### Выводы

Предлагается концепция нового подхода к техническому обеспечению полеводства с рациональной номенклатурой технических средств, которая дает новое представление о системе механизации.

Разработанная система машин включает восемь видов мобильной энергетике, прицепные безмоторные зерно-, свекло-, кормоуборочные комбайны при исключении из системы дисковых орудий, плугов (кроме «ПШКО» (6+2+2), разбрасывателей органических и минеральных удобрений, грузовых автомобилей, опрыскивателей, тяжелых самоходных комбайнов.

Внедрение предлагаемой системы механизации позволит устранить негативное воздействие на почву тяжелых однооперационных машин и комбайнов, в комплексе без разрыва по времени выполнить весь объем полевых работ и обеспечить рост производительности труда не менее, чем в два раза.

Предлагаемая концепция может быть использована для формирования технического обеспечения полеводства в условиях любого региона.

#### Литература

1. Типовые технологические карты выделывания и уборки зерновых колосовых культур. М.: Колос, 1984. 304 с.
2. Технология возделывания кукурузы в Краснодарском крае // Под ред. Петренко И. М. Краснодар: издательство ООО «Агропромполиграфист», 2001. 89 с.
3. Трубилин И. Т. Современное состояние и перспективы развития сельскохозяйственного производства Краснодарского края // Научное обеспечение АПК Кубани: юбилейный выпуск научных трудов КубГАУ. 2002. С. 3–28.
4. Исходные требования на базовые машинные технологические операции в растениеводстве // Разраб. В. П. Елизаров и др. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2005. 250 с.
5. Маслов Г. Г., Трубилин Е. И. Инновационная система механизации полеводства: монография. Краснодар: КубГАУ, 2019. 172 с.
6. Погорельый Л. В. Инженерные методы испытания сельскохозяйственных машин. Киев: Техника, 1981. 171 с.
7. Сергеев К. Опыт Германии: два урожая в год в засушливом регионе (по данным Landwirtschaft ohne Fleng.) // Земледелие. 2011. № 1(9). С. 12.

8. Найденов А. С., Терещенко В. В., Бардак Н. И., Макаренко Л. А., Иванов М. В. Минимизация обработки почвы в полевых севооборотах Кубани // Труды КубГАУ. 2015. № 1(52). С. 130–134.
9. Maslov G. G., Borisova S. M., Yudina E. M., Tsybulevsky V. V., Njomon Nda M. Development parameters of pneumatic slotted sprayers for treatment potato tubers // International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering. 2019. Vol. 9. No. 2. P. 1200–1203.
10. Палапин А. В. Оптимизация энергосберегающих процессов комплексной уборки зерновых культур с применением многофункциональных агрегатов: монография. Краснодар: КубГАУ, 2013. 293 с.

### References

1. Standard technological maps for the production and harvesting of cereal crops. Moscow: Kolos, 1984. 304 p.
2. Corn cultivation technology in Krasnodar Krai // Ed. by Petrenko I. M. Krasnodar: publishing house LLC “Agroprompolygraphist”, 2001. 89 p.
3. Trubilin I.T. Current state and prospects for the development of agricultural production in Krasnodar Krai // Scientific support for the agro-industrial complex of the Kuban: anniversary issue of scientific works of the Kuban State Agrarian University. 2002. P. 3–28.
4. Initial requirements for basic machine technological operations in crop production / Creators Elizarov V.P. et al. Moscow: FGUN “Rosinformagrotekh”, 2005. 250 p.
5. Maslov G. G., Trubilin E. I. The innovative system of mechanization of field cultivation: monograph. Krasnodar: KubSAU, 2019. 172 p.
6. Pogoreliy L. V. Engineering methods for testing agricultural machinery. Kiev: Tekhnika, 1981. P. 171.
7. Sergeev K. German experience: two crops per year in the arid region (according to Landwirtschaft ohne Fleng.) // Agriculture. 2011. No. 1 (9). P. 12.
8. Naidenov A. S., Tereshchenko V. V., Bardak N. I., Makarenko L. A., Ivanov M. V. Minimizing tillage in Kuban crop rotations // Works of the Kuban State Agrarian University. 2015. Krasnodar. No. 1 (52). P. 130–134.
9. Maslov G. G., Borisova S. M., Yudina E. M., Tsybulevsky V. V., Njomon Nda M. Development parameters of pneumatic slotted sprayers for treatment potato tubers // International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering. 2019. Vol. 9. No. 2. P. 1200–1203.
10. Palapin A. V. Optimization of energy-saving processes for the integrated harvesting of crops using multifunctional units: monograph. Krasnodar: KubSAU, 2013. P. 293.

UDC 631.3:633.1

Maslov G. G., Yudina E. M.

### THE CONCEPT OF A NEW APPROACH TO THE MECHANIZATION OF FIELD CROPS CULTIVATION

*Summary. The relevance of the proposed concept is determined by the need for further increasing labor productivity and reducing production costs in agriculture. The purpose of the work is to provide an increase in labor productivity by at least two times when cultivating field crops. The concept was developed in 2019–2020 by the authors of the research in the Kuban SAU using the method of analysis and synthesis of mechanized processes in the cultivation of field crops and new developments of the authors. The concept of a new approach to the mechanization of the processes of cultivating field crops is proposed, based on the justification of technical support, the rational composition of machine-tractor units according to the inventions of the authors, the optimal range of technical equipment, including 8 types of mobile power units and 66 brands of trailed, mounted, semi-mounted machines and devices for them. New approaches to the mechanization of processes are based on combining technological operations in one pass of multifunctional aggregates, strict implementation of the*

*farming system requirements, the use of trailed and mounted grain-forage-beet-harvesting combines, increasing soil fertility, productivity and economic efficiency. Calculations of technological maps for cultivating field crops, using the proposed system of machines for mechanizing field cultivation, revealed a two-fold increase in labor productivity compared with the basic version. A conceptual framework has been developed to justify the proposed system of machines for mechanizing field cultivation. The mobile power units in the conceptual framework include the universal power unit – “U-450” with a capacity of 450 HP and two brands of tractors 180 and 90 HP equipped with a range of mounted, trailed and semi-mounted production units, including 66 brands. The presented mobile power complex will ensure high-performance, high-quality and timely execution of the entire volume of mechanized work with minimal labor and money, ensuring high competitiveness of field products. The interconnection of machines as part of multifunctional units that facilitate the integrated execution of mechanized work without a time gap (main fertilizer application – main tillage, as well as cutting and leveling in the arable multifunctional unit, etc.) is justified.*

**Keywords:** *concept, mechanization, machinery, field cultivation, productivity, costs.*

Маслов Геннадий Георгиевич, доктор технических наук, профессор кафедры «Эксплуатация МТП», факультет механизации ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина»; 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13; e-mail: maslov-38@mail.ru.

Юдина Елена Михайловна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Эксплуатация МТП», факультет механизации ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина»; 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13; e-mail: elena\_yudina1963@mail.ru.

Maslov Gennadiy Georgiyevich, Dr. Sc. (Tech.), Professor of the Department of maintenance of machine and tractor park, Faculty of mechanization, FSBEI HE “Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin”; 13, Kalinina str., Krasnodar, 350044, Russia; e-mail: maslov-38@mail.ru.

Yudina Elena Mikhailovna, Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof., Department of maintenance of machine and tractor park, Faculty of mechanization, FSBEI HE “Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin”; 13, Kalinina str., Krasnodar, 350044, Russia; e-mail: elena\_yudina1963@mail.ru.

*Дата поступления в редакцию – 25.01.2020.*

*Дата принятия к печати – 13.03.2020.*

**ОПТИМИЗАЦИЯ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ КАТУШЕЧНОГО  
ВЫСЕВАЮЩЕГО АППАРАТА ДЛЯ ПОСЕВА СЕМЯН РАПСА**

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина»

**Реферат.** В статье приведены результаты экспериментального исследования по определению основных оптимальных параметров высевающего аппарата катушечного типа. Исследования проводили в 2019 г. на полях публичного акционерного общества «Родина» Каневского района Краснодарского края. В качестве материала исследования использовали сорт ярового рапса Галант. На основании анализа научно-технической литературы была выдвинута следующая гипотеза – замена в катушечном высевающем аппарате желобков на конусные ячейки, позволит обеспечить равномерный высев семян рапса как в рядке, так и по поверхности поля. На основании этой гипотезы был модернизирован катушечный высевающий аппарат зернотравяной сеялки «СЗТ-3,6». Цель исследований – оптимизация основных параметров катушечного высевающего аппарата с конусными ячейками, обеспечивающего равномерный посев семян рапса. Для проведения эксперимента выбран симметричный композиционный двухфакторный план второго порядка типа  $B_k$ . Повторность опытов трехкратная. В качестве управляемых факторов анализировали частоту вращения катушки высевающего аппарата с конусовидными ячейками и диаметр основания конусовидной ячейки. В качестве отклика приняли равномерность высева семян рапса (%). В результате проведенных опытов установили, что на равномерность высева семян рапса обороты высевающей катушки влияют в два раза сильнее, чем диаметр основания конусной ячейки. Анализ полученного уравнения регрессии показал, что равномерность высева семян рапса более 90 % достигается при частоте вращения катушки высевающего аппарата  $48\text{--}55 \text{ мин}^{-1}$  и диаметре основания конусовидных ячеек  $2,0\text{--}2,8 \text{ мм}$ .

**Ключевые слова:** рапс, сеялка, семена, высев, конусная ячейка, катушечный высевающий аппарат, почва, оптимизация параметров.

**Введение**

Для высева мелкосеменных культур, включая рапс, как отечественные, так и зарубежные производители сельскохозяйственной техники выпускают целый ряд сеялок. Лучшие результаты, как правило, показывают пневматические сеялки, оснащенные рабочими органами для поштучного высева семян. К их числу можно отнести пневматические сеялки «Yield-Pro®» фирмы Great Plains. Некоторые модели пневматических сеялок «Yield-Pro®» 25-ой серии способны высевать семена с междурядьем 25,4 см, что подходит для рапса. Но следует учитывать, что посев этой культуры с узкими междурядьями 15 см, как у зерновых колосовых культур, положительно сказывается на урожайности.

Важным обстоятельством является то, что в регионах с засушливым климатом необходимо осуществлять посев повышенной нормой высева семян [1]. И только в таких регионах использование сеялок с поштучным высеваем семян оправдано с экономической точки зрения. Кроме того, агрегаты такого типа дорогостоящие, и не все сельскохозяйственные предприятия, в первую очередь фермерские хозяйства, могут их приобрести.

Из-за отсутствия специализированных сеялок в хозяйствах иногда используют сеялки «СЗ-3,6» или зернотуковые прессовые «Астра 3,6 П». Но в этом



случае необходимо понизить передаточное отношение от ходового колеса к высевашему аппарату, а дисковые сошники отрегулировать на требуемую глубину заделки семян. Настраивается также вылет катушки высевашего аппарата на величину 2,5–3,5 мм. В этом случае обязательно необходимо провести проверку количества высевашемых семян.

При посеве рапса сеялками «СЗ-3,6» или «СЗП-3,6» для обеспечения требуемой нормы посева (3,0–3,5 кг семян на 1 га) можно смешивать семена с наполнителем, например, с просеянными через сито с диаметром ячеек 2,0–2,5 мм гранулами суперфосфата, аммофоса и диаммофоса в соотношении 1:3. Контакт между ними не должен превышать 4–5 ч. Для предотвращения распада смеси ее периодически перемешивают, а скорость движения сеялки при посеве не должна превышать 5 км/ч [1].

Для посева рапса можно также использовать универсальную пневматическую сеялку зернотуковую «С-6ПМ1»; сеялки такого типа выпускают в Пензе на ОАО «Радиозавод». Но она также не обеспечивает необходимую равномерность посева семян.

Многие хозяйства для посева мелкосеменных культур используют сеялки зернотравяные «СЗТ-3,6». Этот тип сеялок оснащен традиционным желобчатым катушечным высевашим аппаратом. Они не обеспечивают требуемого по агротехническим нормам равномерного размещения семян как в рядке, так и по поверхности поля. Происходит это потому, что желобчатая катушка неравномерно выбрасывает порции семян, и в результате семена распределяются неравномерно. Но эти сеялки имеются практически в каждом хозяйстве. Поэтому была поставлена задача: модернизировать желобчатый катушечный высеваший аппарат таким образом, чтобы им можно было высевать семена рапса в соответствии с агротехническими требованиями.

На основании анализа научно-технической литературы [2–5] была выдвинута следующая гипотеза – замена в катушечном высевашем аппарате желобков на конусные ячейки, позволит обеспечить равномерный посев семян рапса как в рядке, так и по поверхности поля.

**Цель исследований** – оптимизация основных параметров катушечного высевашего аппарата с конусными ячейками, обеспечивающего равномерный посев семян рапса.

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

Исследования проводили в 2019 г. на полях публичного акционерного общества «Родина» Каневского района Краснодарского края.

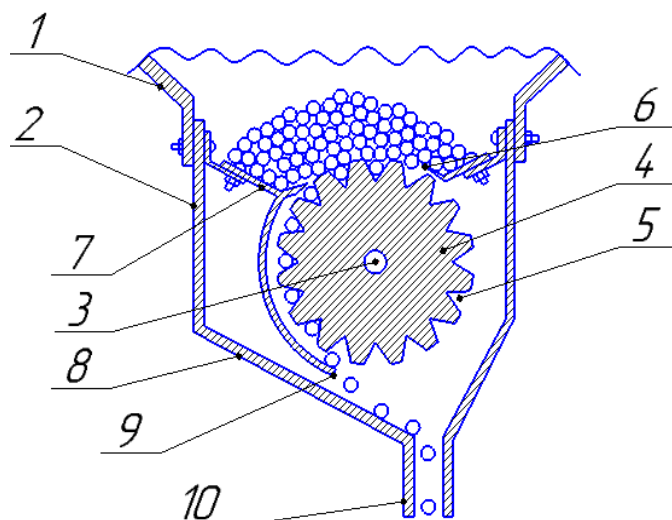
В качестве материала для исследования использовали сорт ярового рапса Галант. Он допущен к возделыванию в Северо-Кавказском регионе. Это высокопродуктивный среднеспелый сорт. Отличается высокой устойчивостью к полеганию, хорошо адаптирован к различным условиям произрастания. Отзывчив на высокий агрофон.

Для исследования использовали сеялку зернотуковую «СЗТ-3,6» с модернизированным высевашим аппаратом.

Принципиальная схема предлагаемого нами модернизированного высевашего аппарата представлена на рисунке 1.

Главной отличительной особенностью предлагаемого высевашего аппарата является замена желобков на конусные ячейки. Семена рапса из бункера 1 западают в конусные ячейки 5. Лишние семена счищаются отражателем 7. При вращении катушки 4 семена удерживаются от преждевременного выпадения клапаном 9. Такая конструкция должна обеспечить равномерный посев семян в соответствие с агротехническими требованиями. Цель предлагаемых конструктивных изменений – повысить равномерность посева семян рапса в

сравнении с существующими конструкциями механических высевальных аппаратов.



**Рисунок 1 – Принципиальная схема модернизированного высевального аппарата**

*Примечание.* 1 – семенной бункер, 2 – корпус, 3 – приводной вал-катушка, 4 – конусовидная ячейка, 5 – конусовидная ячейка, 6 – уплотнитель, 7 – отражатель, 8 – стенка днища, 9 – клапан, 10 – семяпровод.

Для проведения эксперимента выбран двухфакторный план второго порядка типа  $B_k$  [6]. Повторность опытов трехкратная.

План содержит четыре опыта на двух уровнях ( $-1$ ;  $+1$ ), для получения уравнения второго порядка провели еще четыре опыта ( $0$ ; звездная точка). Для проверки адекватности полученной модели по критерию Фишера провели четыре эксперимента в центре плана ( $0$ ;  $0$ ). План типа  $B_k$  предусматривает использование значения звездных точек ( $-1$ ;  $+1$ ), что позволяет сократить число варьирований.

Для обработки результатов эксперимента разработаны программы в приложении Mathcad [7–9].

### Результаты и их обсуждение

Исследования показывают, что зависимость качественных показателей процесса высева семян мелкосеменных культур от параметров высевального устройства, как правило, носит нелинейный характер [2–3]. Поэтому математическую модель процесса высева семян рапса необходимо искать в форме полинома второй степени.

На основании анализа научно-технической литературы [1–3] для изучения равномерности высева семян рапса были выбраны два фактора:  $n$  – частота вращения катушки высевального аппарата с конусовидными ячейками,  $\text{мин}^{-1}$ ;  $d$  – диаметр основания конусовидной ячейки, мм.

Норма высева семян составила 40 тыс. шт./га.

В таблице 1 представлены интервалы и уровни варьирования исследуемых факторов.

При выборе области факторного пространства учитывали результаты исследований Е. И. Артамонова [4] и А. С. Фирсова [5], а также наши собственные.

Для проведения эксперимента на сеялку установили три группы катушек высевальных аппаратов с диаметром оснований конусовидных ячеек 2,0 мм, 2,4 и 2,8 мм (по восемь катушек в каждой группе).

**Таблица 1 – Интервалы и уровни варьирования исследуемых факторов**

Уровень фактора	Фактор в кодированном виде		Фактор в натуральном виде	
	$x_1$	$x_2$	$d$ , мм	$n$ , мин <sup>-1</sup>
Интервал варьирования	1	1	0,4	10
Верхний	1	1	2,8	55
Основной	0	0	2,4	45
Нижний	-1	-1	2,0	35

В качестве отклика была принята равномерность высева семян рапса, выраженная в процентах. В качестве ограничения учитывали глубину заделки семян в почву. Для суглинистых почв, на которых проводили исследование, эта величина составляет 1,5–2,0 см.

В соответствии с агротехническими требованиями, 80 % семян рапса в рядке должны находиться на заданном друг от друга расстоянии, которое определяется нормой высева [1]. В нашем случае это 6 см между семенами в рядке.

Определение качества работы сеялки проводили по следующей методике. Разрывали засеянные рядки, но идущие не по направлению сеялки, а перпендикулярно. Брали участок длиной в 3 м и под каждым сошником линейкой измеряли глубину залегания семян.

Для сеялки «СЗТ-3,6» использовали участок гона 3 м, площадь которого равна 10,8 м<sup>2</sup>. Исходя из этого, полученное число семян делили на 10,8 и умножали на 10<sup>4</sup>. Имеющуюся норму высева семян рапса сравнивали с заданной. Линейкой так же измеряли интервал между семенами рапса в рядке. Полученные интервалы, которые соответствовали заданной норме высева, их количество, необходимо разделить на общее количество полученных интервалов и умножить на 100. Данное действие позволяет подсчитать процент семян, находящихся в почве в рядках с интервалом, соответствующим требованию по норме высева семян рапса.

Матрица планирования и результаты опытов представлены в таблице 2.

**Таблица 2 – Матрица планирования и результаты опытов по равномерности высева семян рапса**

Номер опыта	Порядок проведения опытов			Матрица планирования		Равномерность высева, %
				$x_1$	$x_2$	
1	3	1	1	+1	+1	87
2	4	2	6	-1	+1	83
3	7	4	8	+1	-1	74
4	2	6	4	-1	-1	71
5	6	7	2	+1	0	89
6	1	5	5	-1	0	86
7	8	8	3	0	+1	88
8	5	3	7	0	-1	77

После проведения эксперимента рассчитали коэффициенты уравнения регрессии. Само уравнение регрессии имеет вид:

$$Y = 92,074 + 1,492x_1 + 6,132x_2 + 0,152x_1x_2 - 4,286x_1^2 - 8,956x_2^2. \quad (1)$$

Далее проверили гипотезу о статистической значимости коэффициентов. Коэффициент считается значимым при соблюдении следующего условия

$$|b_i| \geq t_{\alpha; f_1} S b_i. \quad (2)$$

где  $b_i$  –  $i$ -й коэффициент регрессии;

$t_{\alpha; f_1}$  – критерий Стьюдента, зависящий от уровня значимости  $\alpha$  и числа степеней свободы  $f_1$ ;

$Sb_i$  – дисперсия  $i$ -го коэффициента.

В нашем случае  $\alpha = 0,05$  и  $f_1=3$ . Отсюда  $t_{\alpha;f_1} = 3,182$  [10].

В нашем случае все коэффициенты значимы. Зная дисперсию опыта, проверяем полученную модель по критерию Фишера [6, 10]. Расчетное значение критерия Фишера меньше табличного  $F_p = 7,92 < F_T = 8,88$ . Следовательно, полученная модель равномерности высева семян рапса адекватна.

Для нахождения значений факторов, при которых уравнение (1) достигает максимума, необходимо взять частные производные по  $x_i$  и, приравняв их к нулю, решить полученную систему уравнений.

$$\left. \begin{aligned} \frac{dY}{dx_1} &= 1,492 + 0,152x_2 + ,572x_1, \\ \frac{dY}{dx_2} &= 0,132 + 0,152x_1 + 17,912x_2. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

В результате решения системы уравнений (3) получим

$$x_1^* = 0,18019; \quad x_2^* = 0,34387.$$

Подставив эти значения в уравнение (1), получим равномерность высева семян рапса  $Y = 93,3 \%$ . Для определения натуральных значений факторов используем формулы перевода от кодированных значений факторов к натуральным:

$$x_1 = \frac{X_1 - 2,4}{0,4} \quad (4)$$

$$x_2 = \frac{X_2 - 45}{10} \quad (5)$$

В результате расчетов получим координаты максимума:

$$X_1 = 2,5 \text{ мм}; \quad X_2 = 48 \text{ мин}^{-1}.$$

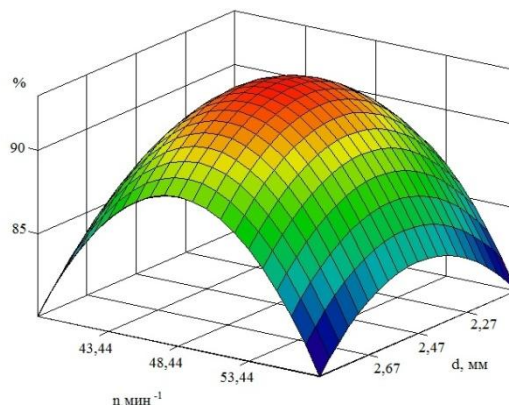
Для более детального анализа вблизи оптимума, то есть максимума равномерности высева семян рапса, проведем преобразование уравнения (1) к каноническому виду. Преобразование сводится к установлению центра поверхности второго порядка, переносу начала координат в новый центр (исчезают линейные члены  $\sum b_i x_i$ ) и к повороту координатных осей (исчезают члены  $\sum b_{ij} x_i x_j$ ).

В нашем случае уравнение в канонической форме примет вид

$$Y - 93,263 = -4,285X_1^2 - 8,957X_2^2. \quad (6)$$

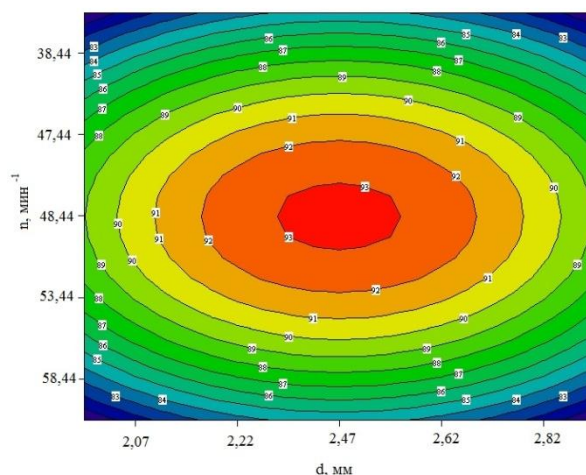
Угол поворота осей  $\alpha = 0,932^\circ$ .

Поверхность отклика после канонического преобразования представлена на рисунке 2.



**Рисунок 2 – Поверхность зависимости отклика от диаметра основания конусного отверстия и числа оборотов высевающего диска**

Для нахождения области допустимых интервалов изменения исследуемых факторов на основании уравнения (6) построим двумерные сечения поверхности отклика или линии равного выхода (рисунок 3).



**Рисунок 3 – Линии равного выхода равномерности высева семян рапса**

Оба коэффициента  $B_{11} = -4,285$  и  $B_{22} = -8,957$  имеют одинаковые знаки. При этом коэффициент  $B_{22}$  по абсолютной величине больше  $B_{11}$ , так как эллипсы вытянуты по оси  $X_1$ . Это свидетельствует о том, что обороты высевашей катушки на равномерность высева семян рапса имеют большее влияние, чем диаметр основания конусовидного отверстия почти в два раза. Равномерность высева семян рапса более 90 % достигается при частоте вращения катушки высевашей аппаратуры 48–55 мин<sup>-1</sup> и диаметре основания конусовидных ячеек 2,0–2,8 мм.

### Выводы

Определены оптимальные значения исследуемых факторов: частота вращения катушки высевашей аппаратуры – 48 мин<sup>-1</sup> и диаметр основания конусовидных ячеек – 2,5 мм. Равномерность высева семян при этом составила 93,3 %.

Анализ двумерного сечения поверхности отклика после канонического преобразования показал, что на равномерность высева семян рапса обороты высевашей катушки имеют в два раза большее влияние, чем диаметр основания конусовидных ячеек.

Равномерность высева семян рапса более 90 % достигается при частоте вращения катушки высевашей аппаратуры 48–55 мин<sup>-1</sup> и диаметре основания конусовидных ячеек 2,0–2,8 мм.

### Литература

1. Семенова Е. С. Влияние сроков посева и норм высева на урожайность сортов ярового рапса на светло-каштановых почвах Волгоградской области. Дисс. ... канд. с.-х. наук. Волгоград: ФГОУ ВПО «Государственная сельскохозяйственная академия», 2011. С. 15–38.
2. Кардашевский С. В. Высевашие устройства посевных машин. М.: Машиностроение, 1973. С. 48–63.
3. Джашаев А.-М. С. Основные параметры сеялки для мелкосеменных культур // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2003. № 8. С. 40–41.
4. Артамонов Е. И. Повышение качества посева семян амаранта метельчатого совершенствованием технических средств и технологического процесса. Дисс. ... канд. техн. наук. Пенза: ФГОУ ВПО «Пензенская государственная сельскохозяйственная академия», 2013. С. 40–44.
5. Фирсов А. С. Параметры и режимы работы пневматического высевашей аппаратуры под мелкосеменные культуры. Дисс. ... канд. техн. наук. Тверь: ФГОУ ВПО «Тверская государственная сельскохозяйственная академия», 2015. С. 45–47.

6. Голикова Т. И., Панченко Л. А., Фридман М. З. Каталог планов второго порядка. М.: МГУ, 1974. С. 22.
7. Свидетельство 2004612245 РФ «Каноническое преобразование Вк-2». 04.10.2004.
8. Свидетельство 2004612241 РФ «План Вк 2-х факторный». 04.10.2004.
9. Свидетельство 2004612240 РФ «Графики Вк 2-х факторного». 04.10.2004.
10. Бронштейн И. Н., Семендяев К. А. Справочник по математике для инженеров и учащихся ВУЗОВ. М.: Наука, 1981. С. 80–81.

### References

1. Semenova E. S. Influence of sowing dates and seeding rates on the yield of spring rape varieties on light chestnut soils of the Volgograd region. Diss. ... Cand. Sc. (Tech.). Volgograd: FSEI HPE "State Agricultural Academy", 2011. P. 15–38.
2. Kardashevsky S. V. Sowing devices of sowing machines. Moscow: Mashynostroenie, 1973. P. 48–63.
3. Dzhashaev A. M. C. The main parameters of the seeder for small seed crops // Tractors and agricultural machines. 2003. No. 8. P. 40–41.
4. Artamonov E. I. Improving the quality of sowing seeds of panicked amaranth by improving technical means and technological process. Diss. ... Cand. Sc. (Tech.). Penza: FSEI HPE "Penza State Agricultural Academy" 2013. P. 40–44.
5. Firsov A. S. Parameters and operating modes of the pneumatic sowing device for small seed crops. Diss. ... Cand. Sc. (Tech.). Tver: HPE "Tver State Agricultural Academy", 2015. P. 45–47.
6. Golikova T. I., Panchenko L. A., Fridman M. Z. Catalog of plans of the second order. Moscow: MSU, 1974. P. 22.
7. Certificate 2004612245 of the Russian Federation "Canonical transformation Bk-2". 04.10. 2004.
8. Certificate 2004612241 of the Russian Federation "Plan Bk 2-factor". 04.10.2004.
9. Certificate 2004612240 of the Russian Federation "Charts Bk 2-factor". 04.10.2004.
10. Bronstein I. N., Semendyaev K. A. Math reference for engineers and students of technical colleges. Moscow: Nauka, 1981. P. 80–81.

UDC 631.33.02

Matushenko A. E., Kurasov V. S., Tsybulevsky V. V.

### OPTIMIZATION OF THE MAIN PARAMETERS OF THE COIL METER FOR SOWING RAPESEED

**Summary.** *The article presents the results of an experimental study to determine the main optimal parameters of the fluted-roller feed unit. Based on the analysis of scientific and technical literature, the following hypothesis was put forward – replacing the grooves in the fluted-roller feed unit by conical cells, will ensure uniform sowing of rape seeds both in a row and on the field surface. Based on this hypothesis, the fluted-roller feed unit of the "SZT-3.6" combined grain-grass seeder was modernized. The research was carried out in 2019 on the fields of the public joint-stock company "Rodina" in the Kanevskoy district of the Krasnodarskiy krai. As a research material, a variety of spring rapeseed "Galant" was used. The purpose of the study is to optimize the main parameters of a fluted-roller feed unit with cone cells, ensuring rapeseeds uniform sowing. For the experiment, a symmetric composite two-factor plan of the second order of  $B_k$ -type was chosen. The repetition of the experiments was taken equal to three. As control variables, the rotational speed of the fluted-roller feed unit with cone-shaped cells and the diameter of the base of the cone-shaped cell were analyzed. As a response, the uniformity of sowing rapeseed, expressed as a percentage, was adopted. As a result of the experiments, it was found that the distributor wheel speed has twice as much influence on the uniformity of rapeseeds sowing than the diameter of the cone cell base. Analysis of the obtained regression equation showed that uniformity of rapeseeds sowing of more than 90 % was achieved with a rotation frequency of the fluted-roller feed unit of  $48\text{--}55\text{ min}^{-1}$  and with a base diameter of cone-shaped cells of 2.0–2.8 mm.*

**Keywords:** *rapeseed, seeder, seeds, sowing, cone cell, spool metering device, soil, optimization of parameters.*

Матущенко Алексей Евгеньевич, магистр, ассистент кафедры тракторов, автомобилей и технической механики, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина»; 350044, Россия, г. Краснодар, ул. Калинина, 13; e-mail: archangel24@mail.ru.

Курасов Владимир Станиславович, доктор технических наук, профессор кафедры тракторов, автомобилей и технической механики, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина»; 350044, Россия, г. Краснодар, ул. Калинина, 13; e-mail: kurasoff@gmail.com.

Цыбулевский Валерий Викторович, кандидат технических наук, доцент кафедры тракторов, автомобилей и технической механики ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина»; 350044, Россия, г. Краснодар, ул. Калинина, 13; e-mail: avto-meh@kubsau.ru.

Matushenko Alexey Evgenievich, master, assistant of the Department of tractors, automobiles and technical mechanics, FSBEI HE “Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin”; 13 Kalinina str., Krasnodar, 350044, Russia; e-mail: archangel24@mail.ru.

Kurasov Vladimir Stanislavovich, Dr. Sc. (Tech.), professor, Department of tractors, automobiles and technical mechanics, FSBEI HE “Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin”; 13 Kalinina str., Krasnodar, 350044, Russia; e-mail: kurasoff@gmail.com.

Tsybulevsky Valery Viktorovich, Cand. Sc. (Tech.), associate professor at the Department of tractors, automobiles and technical mechanics, FSBEI HE “Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin”; 13 Kalinina str., Krasnodar, 350044, Russia; e-mail: avto-meh@kubsau.ru.

*Дата поступления в редакцию – 10.02.2020.*

*Дата принятия к печати – 03.03.2020.*

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ МИКРОБНЫХ ПРЕПАРАТОВ ПРИ ИНТРОДУКЦИИ  
TULIPA × HYBRIDA HORT В УСЛОВИЯХ ПРЕДГОРНОГО КРЫМА**

ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»

**Реферат.** Применение микробных препаратов как элементов экологизации, для оптимизации питания, улучшения фитосанитарного состояния цветочно-декоративных культур и повышения декоративности растений в цветоводстве представляет научный интерес и имеет практическую ценность. Цель исследований – оценка влияния микробных препаратов на адаптационный потенциал тюльпанов (*Tulipa × hybrida Hort*) и эффективность их применения при интродукции растений. Исследования проводили в 2009–2012 гг. в условиях мелкоделяночного полевого опыта в Ботаническом саду имени Н. В. Багрова (СП) ФГАОУ ВО «КФУ имени В. И. Вернадского» (г. Симферополь) в почвенно-климатической зоне предгорного Крыма. В качестве микробных препаратов использованы: «Аурилл», «Биополицид», «Диазофит», «Фосфоэнтерин», а также комплекс микробных препаратов (КМП) на основе «Диазофита», «Фосфоэнтерина» и «Биополицида». Эффективность применения микробных препаратов оценивали на сортах тюльпанов *Ancilla*, *Golden Artist*, *Spring Green*, *Artist*, *Mary Ann*. В качестве контроля использовали химический протравитель «Фундазол». В период цветения растений проводили измерения морфометрических параметров – высоты растения и бокала цветка, после выкопки – диаметра и массы луковиц. В период вегетации (март–июнь) метеоусловия по характеру температурного режима и особенностям распределения осадков характеризовались как умеренно теплые и влажные. Полученные результаты позволили впервые установить возможность стимуляции некоторых декоративных качеств тюльпанов при бактеризации микробными препаратами. У двух сортов (*Spring Green* и *Golden Artist*) установлено значительное увеличение бокала цветка на 0,3–0,4 см (4,6–3,7%), у сорта *Spring Green* – высоты растения на 0,9 см (2,4%) по сравнению с обработкой «Фундазолом». У двух из пяти сортов тюльпанов выявлена высокая сортоспецифическая отзывчивость на бактеризацию полифункциональными микробными препаратами (КМП, «Биополицидом»).

**Ключевые слова:** микробные препараты, тюльпан гибридный (*Tulipa × hybrida Hort*), морфометрические параметры, интродукция, адаптация.

**Введение**

Среди декоративных многолетних растений в озеленении на юге России широко используют сорта гибридных тюльпанов, конкурирующих по декоративным свойствам и сортовому разнообразию с другими весенними культурами. В настоящее время широко распространен импорт посадочного материала декоративных культур из мировых центров развития цветоводства – Нидерландов, Италии, Японии [1, 2]. При интродукции иностранных сортов тюльпанов вследствие ряда проблем (болезни луковиц, недостаточное минеральное питание, медленное размножение, стрессовые климатические условия) утрачивается качество ценного посадочного материала и возникает необходимость ежегодной его закупки, что увеличивает затраты на озеленение [3, 4]. В технологии выращивания цветочных культур, благодаря универсальности, индустриальности и преобладанию экономики быстрой выгоды, отведена



главенствующая роль химическому методу защиты. Однако в рамках современного состояния урбозкосистем, учитывая интенсивное накопление в окружающей среде агрессивных поллютантов, деградацию и снижение биологической активности почв, необходимо минимизировать химическую нагрузку на культурфитоценозы с помощью разработки биотехнологий выращивания растений [5, 6]. Одним из актуальных направлений является технология применения микробных препаратов, эффективность которых основана на природных процессах: биологической фиксации азота, фосфатмобилизации, ростстимуляции, биопротекции, повышении стрессоустойчивости растений [7–10].

В зарубежной и отечественной литературе сведения о применении препаратов в цветоводстве очень ограничены, в основном для декоративных луковичных культур применяют регуляторы роста [11, 12], БАВ [13], вермикомпост [14], воздействие физических факторов – температуры [15].

Внедрение и использование микробных препаратов, как элементов экологизации, для оптимизации питания растений и улучшения фитосанитарного состояния цветочно-декоративных культур в цветоводстве, а, как следствие, и повышение декоративности растений, представляет научный интерес и имеет практическую ценность.

**Цель исследований** – изучение эффективности влияния обработки микробными препаратами на адаптационный потенциал луковиц тюльпанов *Tulipa × hybrida* Hort при интродукции растений в условиях предгорного Крыма.

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

Исследования проводили в 2009–2012 гг. в условиях мелкоделяночного полевого опыта в Ботаническом саду имени Н. В. Багрова (СП) ФГАОУ ВО «КФУ имени В. И. Вернадского» (г. Симферополь) в почвенно-климатических условиях предгорного Крыма. В зоне исследований климат полузасушливый, теплый, с мягкой зимой. Средняя годовая температура воздуха составляет 10,3 °С. Снежный покров образуется ежегодно и сохраняется 20–25 дней. Безморозный период продолжается 185 дней [16, 17].

В пойме долины р. Салгир, где располагается Ботанический сад имени Н. В. Багрова, почвы лугово-черноземные аллювиальные. Обеспеченность почвы подвижными формами минерального питания средняя. Оптимальная температура для роста и развития луковиц и цветочных побегов во время вегетации тюльпанов составляет +10...+18 °С, более высокая температура в марте отрицательно влияет на продуктивность луковиц тюльпанов [18]. Метеоусловия 2009–2012 гг. по характеру температурного режима и особенностям распределения осадков в период вегетации (март–июнь) характеризовались как умеренно теплые и влажные. Среднесуточные температуры воздуха за вегетационные периоды 2009–2012 гг. варьировали на уровне средней многолетней и составляли 11,6–13,2 °С. Среднемноголетнее количество осадков – 394,96 мм. В период вегетации растений сумма осадков достигала: 2009 г. – 153,2 мм (38,7 % от среднемноголетней), 2010 г. – 175,9 мм (44,5 %), 2011 г. – 85,2 мм (21,5 %), в 2012 г. – 163 мм (41,2 %).

Объекты исследования – растения *Tulipa × hybrida* Hort сортов Ancilla (класс Кауфмана), Golden Artist, Spring Green, Artist (класс Зелёнолепестных), Mary Ann (тюльпаны группы Грейга) из коллекции луковичных культур Ботанического сада имени Н. В. Багрова ТА (СП) ФГАОУ ВО «КФУ имени В. И. Вернадского».

Для бактеризации применяли микробные препараты, разработанные в отделе сельскохозяйственной микробиологии ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма» [19]. «Диазофит» – биопрепарат на основе ассоциативного азотфиксирующего штамма бактерии *Agrobacterium (Rhizobium) radiobacter* 204, улучшает азотное питание растений, повышает

устойчивость растений к биотическим и абиотическим стрессовым факторам. «Фосфоэнтерин» – препарат, биоагентом которого является бактерия *Enterobacter nimipressurales* 32-3, обладающая фосфатмобилизующей и ростстимулирующей активностью. «Биополицид» (БСП) – биопрепарат на основе штамма *Paenibacillus polymyxa* П – микроорганизма-антагониста широкого спектра фитопатогенных микроскопических грибов (*Fusarium, Alternaria, Bipolaris*) благодаря синтезу антибиотических веществ. Препарат также применяют для ростстимуляции растений; он совместим с другими микробными препаратами. Комплекс микробных препаратов (КМП) – это смесь «Диазофита», «Фосфоэнтерина», «Биополицида» в равных пропорциях. Препарат «Аурилл», биоагентом которого является штамм *Bacillus subtilis* 01-1 – микроорганизм антагонист фитопатогенных бактерий и микромицетов.

Обработку биопрепаратами проводили опрыскиванием луковицы (2 % рабочего раствора от массы обрабатываемых луковиц). В качестве контроля использовали химический протравитель «Фундазол». Луковицы тюльпанов в контроле замачивали в 0,2 % растворе «Фундазола» в течение 30 минут.

Оценивали эффективность микробных препаратов на различных сортах тюльпанов: в 2009–2012 гг. на сорте Golden Artist – КМП, Аурилл; в 2010–2012 гг. на сорте Artist – КМП, «Фосфоэнтерин», «Биополицид»; в 2010–2012 гг. на сорте Ancilla – «Аурилл», «Биополицид»; в 2010–2012 гг. на сорте Mary Ann– КМП, «Фосфоэнтерин», «Биополицид», «Диазофит»; в 2010–2012 гг. на сорте Spring Green – КМП.

Луковицы высаживали на делянки с контролируемым поливом в почву, смешанную с песком и торфом в соотношении 1:1 из расчета 20 кг/м<sup>2</sup>. Плотность посадки – 50 шт. на 1 м<sup>2</sup>, расстояние между рядами – 20 см, глубина посадки 10–15 см. Уход за растениями осуществляли по общепринятой технологии. Морфометрические измерения проводили в 20-кратной повторности. В период цветения измеряли высоту растения и бокала цветка, после выкопки – диаметр и массу луковиц [20, 21]. Математическую обработку результатов проводили с помощью однофакторного дисперсионного анализа.

### Результаты и их обсуждение

Морфометрические показатели тюльпанов голландской репродукции и выращенных в условиях предгорной зоны Крыма, соответствовали характеристике сорта. Для растений сорта Artist характерна высота 30 см, цветки строго бокаловидной формы – 10 см. Биометрические показатели в опытных вариантах и контроле не превышали характерные для сорта. Отмечена тенденция к увеличению высоты растений тюльпанов на 1,0 см (4,1 %) при использовании КМП и «Биополицида»; высоты бокала цветка в среднем за три года на 0,2 см (4,2 %) при бактериализации «Биополицидом» в сравнении с контролем (таблица 1).

**Таблица 1 – Морфометрические показатели растений тюльпанов сорта Artist (среднее за 2010–2012 гг.)**

Вариант	Высота растения		Высота бокала цветка		Диаметр луковицы		Масса луковицы	
	см	%	см	%	см	%	г	%
Контроль	24,0	100,0	7,1	100,0	4,2	100,0	18,9	100,0
КМП	25,0	104,1	7,1	100,0	4,2	100,0	19,1	101,0
«Фосфоэнтерин»	24,5	102,0	7,1	100,0	3,5	84,5	16,4	86,7
«Биополицид»	25,0	104,1	7,4	104,2	3,9	92,8	20,4	108,0
НСР <sub>05</sub>	1,2	-	0,4	-	0,2	-	1,2	-

Диаметр и масса луковицы в исследуемых вариантах находилась на уровне контрольных показателей, при бактеризации «Биополицидом» достоверно увеличивалась масса луковицы на 1,5 г (8 %) ( $p < 0,05$ ).

У Сорта Ancilla растения высотой 10–15 см, цветки – до 6,5 см. Морфометрические показатели растений в исследуемых вариантах не превышали контрольные (таблица 2). Бактеризация «Биополицидом» достоверно повышала диаметр луковицы на 0,3 см (9,3 %), массу луковицы – на 1,4 г (10,7 %) ( $p < 0,05$ ).

**Таблица 2 – Морфометрические показатели растений тюльпанов сорта Ancilla (среднее за 2010–2012 гг.)**

Вариант	Высота растения		Высота бокала цветка		Диаметр луковицы		Масса луковицы	
	см	%	см	%	см	%	г	%
Контроль	13,4	100,0	5,6	100,0	3,2	100,0	13,0	100,0
«Аурилл»	12,2	91,0	5,6	100,0	3,4	106,2	12,4	95,3
«Биополицид»	12,9	96,2	5,4	96,4	3,5	109,3	14,4	110,7
НСР <sub>05</sub>	1,0	-	0,4	-	0,1	-	1,0	-

Для растений тюльпанов сорта Golden Artist характерны следующие сортовые показатели: высота растения – 30 см, высота бокала – 6 см. При бактеризации КМП высота растения в среднем за четыре года исследований не изменялась и была на уровне контроля (28,4 см), однако высота бокала цветка достоверно увеличивалась на 0,4 см (3,7 %) (таблица 3). Показано, что обработка «Ауриллом» достоверно снижала высоту растения на 1,7 см (6,0 %) и массу луковицы на 2,7 г (15,2 %) ( $p < 0,05$ ) в сравнении с контролем. Полученные результаты позволяют сделать предположение о специфичности взаимодействия сорта и биоагентов микробных препаратов.

**Таблица 3 – Морфометрические показатели растений тюльпанов сорта Golden Artist (среднее за 2009–2012 гг.)**

Вариант	Высота растения		Высота бокала цветка		Диаметр луковицы		Масса луковицы	
	см	%	см	%	см	%	г	%
Контроль	28,4	100,0	8,1	100,0	3,6	100,0	17,8	100,0
КМП	28,1	98,9	8,5	103,7	3,7	102,7	18,7	105,0
«Аурилл»	26,7	94,0	8,2	101,2	3,5	97,2	15,1	84,8
НСР <sub>05</sub>	1,3	-	0,9	-	0,17	-	2,06	-

Растения сорта Mary Ann группы тюльпанов класса Грейга имели высоту 30 см и высоту бокала цветка до 7,5 см. Морфометрические показатели надземной части растений в вариантах с обработкой биопрепаратами и их комплекса не поднимались выше контроля с «Фундазолом», что свидетельствует о низкой отзывчивости сорта на бактеризацию микробными препаратами (таблица 4).

**Таблица 4 – Морфометрические показатели растений тюльпанов сорта Mary Ann (среднее за 2010–2012 гг.)**

Вариант	Высота растения		Высота бокала цветка		Диаметр луковицы		Масса луковицы	
	см	%	см	%	см	%	г	%
Контроль	21,1	100,0	7,7	100,0	3,8	100,0	21,5	100,0
КМП	21,2	100,4	7,7	100,0	4,0	105,2	18,8	87,4
«Фосфоэнтэрин»	20,6	97,6	7,6	98,7	3,8	100,0	19,7	91,6
«Биополицид»	20,5	97,1	7,6	98,7	3,9	102,6	18,6	86,7
«Диазофит»	20,3	96,2	7,7	100,0	4,0	105,2	23,0	106,9
НСР <sub>05</sub>	1,2	-	1,7	-	0,3	-	3,6	-

Для тюльпанов сорта Spring Green характерны растения высотой 30–35 см, цветки бокаловидной формы высотой 8 см. Результаты многолетних экспериментов показали, что высота растения тюльпанов в контроле за три года в среднем составила 36,3 см, превышая на 1,3 см сортовой показатель. Обработка КМП достоверно повышала высоту растения на 0,9 см (2,4 %), бокала цветка – на 0,3 см (4,6 %) ( $p < 0,05$ ) по отношению к контролю (таблица 5).

**Таблица 5 – Морфометрические показатели растений тюльпанов сорта Spring Green (среднее за 2010–2012 гг.)**

Вариант	Высота растения		Высота бокала цветка		Диаметр луковицы		Масса луковицы	
	см	%	см	%	см	%	г	%
Контроль	36,3	100,0	6,4	100,0	3,7	100,0	17,8	100,0
КМП	37,2	102,4	6,7	104,6	3,5	94,5	16,6	93,2
НСР <sub>05</sub>	0,5	-	0,2	-	0,1	-	2,06	-

### Выводы

Таким образом, результаты проведенных многолетних исследований позволили впервые установить возможность стимуляции некоторых декоративных качеств тюльпанов при бактеризации микробными препаратами. На двух сортах тюльпанов Spring Green и Golden Artist установлено существенное увеличение бокала цветка на 0,3–0,4 см (4,6–3,7 %), на сорте Spring Green – высоты растения на 0,9 см (2,4 %) в сравнении с обработкой «Фундазолом».

Выявлено, что отзывчивость на бактеризацию микробными препаратами была сортоспецифичной. Два сорта (Spring Green и Golden Artist) из пяти характеризовались высокой отзывчивостью на бактеризацию полифункциональными микробными препаратами (КМП, «Биополицид»), что в перспективе может быть основой экологической технологии их выращивания, как альтернатива химическим протравителям в цветоводстве.

### Литература

1. Ван дер Хорс А. Я. Тюльпаны. М: Лабиринт Пресс, 2003. 53 с.
2. Benschop M., Kamenetsky R., Le Nard M., Okubo H., De Hertogh A. The global flower bulb industry: production, utilization, research // Horticult. Rev. 2010. Vol. 36. P. 1–115. DOI: 10.1002/9780470527238.ch1.
3. Плугатарь Ю. В. Никитский ботанический сад как научное учреждение // Вестник РАН. 2016. Т. 86. № 2. С. 120–126.
4. Александрова Л. М. Изучение способности к вегетативному размножению интродуцированных сортов тюльпана в условиях Южного берега Крыма // Бюллетень государственного Никитского ботанического сада. 2018. № 129. С. 60–68.
5. Трофимов И. А., Трофимова Л. С., Яковлева Е. П., Рыбальский Н. Г., Снакин В. В., Емельянова А. В., Скрипникова Е. В., Горбунова А. С., Быковская О. П. Актуальные проблемы устойчивого развития агроэкосистем юга России // Материалы Всероссийской с международным участием научной конференции «Актуальные проблемы устойчивого развития агроэкосистем (почвенные, экологические, биоценоотические аспекты)», посвященной 60-летию лаборатории агроэкологии Никитского ботанического сада. Ялта: Никитский ботанический сад – Национальный научный центр, 2019. С. 86–89.
6. Биологическая защита растений // Под ред. Штерншис М. В. М.: Колос, 2004. С. 181–200.
7. Мошинець О. В., Косаківська І. В. Екологія фітосфери: рослинно-мікробні взаємовідносини. 1. Структурно-функціональна характеристика ризо-, ендотрофної та фітосфери // Вісник Харківського національного аграрного університету. Серія «Біологія». 2010. Вип. 2 (20). С. 19–36.
8. Mastretta C., Taghavi S., Van der Lelie D. Mengoni A., Galardi F., Gonnelli C., Barac T., Boulet J., Weyens N. and Vangronsveld J. Endophytic bacteria from seeds of nicotiana tabacum can reduce Cd phytotoxicity // Int. J. Phytoremediation. 2009. Vol. 11. P. 251–267.

9. Siciliano S. D., Fortin N., Mihoc A. Wisse G., Labelle S., Beaumier D., Ouellette D., Roy R., Whyte L. G., Banks M.K., Schwab P., Lee K., Greer Ch. W. Selection of specific endophytic bacterial genotypes by plants in response to soil contamination // *Appl. Environ. Microbiol.* 2001. Vol. 67. P. 2469–2475.
10. Волкогон В. В. Микробні препарати як фактор підвищення засвоюваності рослинами мінеральних добрив // Сільськогосподарська мікробіологія: науковий збірник. Чернівці: ЦНТЕІ, 2006. С. 21–30.
11. Валетов В. В., Мижуй С. М., Охрименко Ю. И. Влияние регуляторов роста и минеральных удобрений на биометрические показатели тюльпанов сортов Анни Шильдер (Annie Schilder), Инзел (Inzell) и Балерина (Ballerina) // Вестник Мозырского государственного педагогического университета. 2015. № 2. С. 11–19.
12. Saniewski M., Okubo H., Puchalski J. Effect of morphactin on stem growth in relation to auxin in precooled rooted tulip bulbs // *Acta Physiologiae Plantarum.* 1999. Vol. 21. No. 2. P. 167–174.
13. Попова О. В., Догадина М. А. Влияние биологически активных веществ на устойчивость тюльпанов к болезням // Материалы конференции «Актуальные направления развития сельскохозяйственной науки». Орел: Орловский государственный аграрный университет, 2008. С. 124–126.
14. Алексашкина О. В., Догадина М. А. О перспективах использования вермикомпоста в защите декоративных культур // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 7. С. 55–59.
15. Lambrechts H., Geuns J. M. C., Kollöffel C. Changes in free polyamines in *Tulipa gesneriana* flower stalks during dry-storage and after planting of bulbs // *Plant Growth Regulation.* 1991. Vol. 13. No. 1. P. 71–76.
16. Важов В. И. Агроклиматическое районирование Крыма // Труды Никитского ботанического сада. 1977. Т. 71. С. 92–120.
17. Агроклиматический справочник по АР Крым (1986–2005 гг.) // Под ред. Прудко О. И., Адаменко Т. И. Симферополь, 2011. С. 20–21.
18. Крымская коллекция микроорганизмов. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ckp-rf.ru/usu/507484/> (дата обращения 01.01.2020).
19. Рындин А. В., Мохно В. С. Особенности культивирования тюльпанов в условиях влажных субтропиков России // *Субтропическое и декоративное садоводство.* 2010. Т. 43. № 2. С. 63–71.
20. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
21. Лисянский Б. Г., Ладыгина Г. Г. Тюльпаны: определитель. М.: АСТ, 2002. 223 с.

## References

1. Van der Horst A. J. Tulips. Moscow: Labirint Press, 2003. 53 p.
2. Benschop M., Kamenetsky R., Le Nard M., Okubo H., De Hertogh A. The global flower bulb industry: production, utilization, research // *Horticultural Reviews.* 2010. Vol. 36. P. 1–115.
3. Plugatar Yu. V. Nikitsky Botanical Garden as a scientific institution // *Vestnik RAN.* 2016. Vol. 86. No. 2. P. 120–126.
4. Aleksandrova L. M. Study of the ability to vegetative reproduction of introduced tulip cultivars under the conditions of the Southern Coast of the Crimea // *Bulletin SNBG.* 2018. No.129. P. 60–68.
5. Trofimov I. A., Trofimova L. S., Yakovleva E. P., Rybalsky N. G., Snakin V. V., Emelyanova A. V., Skripnikova E. V., Gorbunova A. S., Bykovskaya O. P. Actual problems of sustainable development of agro-ecosystems in the south of Russia // *Proceedings of the All-Russian scientific conference with international participation “Actual problems of sustainable development of agro-ecosystems (soil, ecological, biocenotic aspects)” dedicated to the 60th anniversary of the laboratory of agroecology of Nikitsky Botanical Gardens.* Yalta: Nikitsky Botanical Gardens – National Scientific Center, 2019. P. 86–89.
6. Biological plant protection // Ed. by Shternshis M. V. Moscow: Kolos, 2004. P. 181–200.
7. Moshynets O. V., Kosakivska I. V. Phytosphere ecology: plant-microbial interactions. 1. Structure functional characteristic of rhizo-, endo- and phyllosphere // *The Bulletin of Kharkiv National Agrarian University. Series “Biology”.* 2010. Iss. 2 (20). P. 19–36.
8. Mastretta C., Taghavi S., Van der Lelie D. Mengoni A., Galardi F., Gonnelli C., Barac T., Boulet J., Weyens N., Vangronsveld J. Endophytic bacteria from seeds of *Nicotiana tabacum* can reduce cadmium phytotoxicity // *International Journal of Phytoremediation.* 2009. Vol. 11. Iss. 3. P. 251–267.
9. Siciliano S. D., Fortin N., Mihoc A. Wisse G., Labelle S., Beaumier D., Ouellette D., Roy R., Whyte L.G., Banks M. K., Schwab P., Lee K., Greer Ch. W. Selection of specific endophytic bacterial genotypes by plants in response to soil contamination // *Applied and Environmental Microbiology.* 2001. Vol. 67 (6). P. 2469–2475.
10. Volkohon V. V. Microbial preparations as a factor of increasing the absorption of mineral fertilizers by plants // *Agricultural microbiology: collection of scientific works.* Chernihiv: CNTEI, 2006. P. 21–30.

11. Valetov V. V., Mizhuy S. M., Okhrimenko Yu. I. Influence of growth regulators and mineral fertilizers on the biometric indicators of tulips varieties "Annie Shilder", "Inzell" and "Ballerina" // Bulletin of Mozyr State Pedagogical University named after I. P. Shamyakin. 2015. No. 2. P. 11–19.
12. Saniewski M., Okubo H., Puchalski J. Effect of morphactin on stem growth in relation to auxin in precooled rooted tulip bulbs // Acta Physiologiae Plantarum. 1999. Vol. 21. No. 2. P. 167–174.
13. Popova O. V., Dogadina M. A. Influence of biologically active substances on resistance of tulips to diseases // Proceedings of the conference "Current directions of agricultural science development". Orel: Orel State Agrarian University, 2008. P. 124–126.
14. Aleksashkina O. V., Dogadina M. A. On the prospects for the use of vermicompost in the protection of ornamental crops // Vestnik of the Kursk State Agricultural Academy. 2018. No. 7. P. 55–59.
15. Lambrechts H., Geuns J. M. C., Kollöffel C. Changes in free polyamines in *Tulipa gesneriana* flower stalks during dry-storage and after planting of bulbs // Plant Growth Regulation. 1991. Vol. 13. No. 1. P. 71–76.
16. Vazhov V. I. Agroclimatic zoning of the Crimea // Trudy Nikitskogo Botanicheskogo Sada. 1977. Vol. 71. P. 92–120.
17. Agrarian climatic handbook of the Autonomous Republic of Crimea (1986–2005) / Ed. by Prudko A. I., Adamenko T. I. Simferopol, 2011. P. 20–21.
18. Crimean collection of microorganisms. [Electronic resource]. Access point: <http://ckp-rf.ru/usu/507484/> (reference's date 01.01.2020).
19. Ryndin A. V., Mokhno V. S. Tulip growing patterns in conditions of damp subtropics of Russia // Subtropical and Decorative Gardening. 2010. Vol. 43. No. 2. P. 63–71.
20. Dospekhov B. A. Methods of field research. Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p.
21. Lisyansky B. G., Ladygina G. G. Tulips: identifier. Moscow: ACT, 2002. 223 p.

UDC 579.64:581.4:635.92

Pas' A. N.

#### **EFFECTIVENESS OF MICROBIAL PREPARATIONS IN INTRODUCTION *TULIPA* × *HYBRIDA* HORT IN THE FOOTHILL ZONE OF THE CRIMEA**

*Summary.* The use of microbial preparations as elements of ecologization for optimizing nutrition, improving the phytosanitary condition of flower and ornamental crops and making better the decorative qualities of plants in floriculture is of scientific interest and has a practical value. The research objective was to assess the influence of microbial preparations on the adaptive potential of tulips (*Tulipa* × *hybrida hort*), as well as the effectiveness of their use in plant introduction. The research was carried out in 2009–2012. Soil and climatic zone – the foothills of the Crimea. Location – Botanical Garden named after N.V. Bagrov of the FSBEI HE "V. I. Vernadsky Crimean Federal University" (Simferopol). Microbial preparations – "Aurill", "Biopolicide", "Diazofite", "Phosphoenterin", as well as a complex of microbial preparations (CMP) based on of "Diazofite", "Phosphoenterin", and "Biopolicide". The effectiveness of microbial preparations was evaluated on 'Ancilla', 'Golden Artist', 'Spring Green', 'Artist', 'Mary Ann' cultivars. During the flowering period, such morphometric parameters as the height of the plant, height of the tulip's glass, diameter and weight of the bulbs were measured. During the growing period (March–June), climatic conditions were moderately warm and humid. As a control, the chemical disinfectant Fundazol was used. The obtained results made it possible to establish the possibility of stimulating some decorative qualities of tulips using bacterization with microbial preparations. Two cultivars 'Spring Green' and 'Golden Artist' have a significant increase in the glass of flower – by 0.3–0.4 cm (4.6–3.7 %); the height of 'Spring Green' cv. is 0.9 cm (2.4 %) higher compared to those treated with "Fundazol". Two of the five tulip cultivars demonstrated a high variety-specific response to bacterization with polyfunctional microbial preparations (CMP, "Biopolicide").

**Keywords:** microbial preparations, *Tulipa* × *hybrida Hort*, morphometric parameters, introduction, adaptation.

Пась Анна Николаевна, младший научный сотрудник, ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295453, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; annapass@mail.ru.

Pas' Anna Nikolaevna, junior researcher of the Laboratory of plant-microbe interaction, FSBSI "Research Institute of Agriculture of Crimea"; 150 Kievskaya str., Simferopol, 295493, Russia; e-mail: annapass@mail.ru.

*Дата поступления в редакцию – 05.01.2020.*

*Дата принятия к печати – 17.03.2020.*

DOI 10.33952/2542-0720-2020-1-21-64-83

УДК 631.6:556.1:528.8

Плотников Д. Е.<sup>1</sup>, Ёлкина Е. С.<sup>1</sup>, Дунаева Е. А.<sup>2</sup>, Хвостиков С. А.<sup>1</sup>, Лупян Е. А.<sup>1</sup>,  
Барталёв С. А.<sup>1</sup>

**РАЗВИТИЕ МЕТОДА АВТОМАТИЧЕСКОГО РАСПОЗНАВАНИЯ  
ОЗИМЫХ КУЛЬТУР НА ОСНОВЕ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ ДЛЯ  
ОЦЕНКИ ИХ СОСТОЯНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ КРЫМ**

<sup>1</sup>ФГБУН «Институт космических исследований РАН»;

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

**Реферат.** Республика Крым характеризуется заметным видовым разнообразием озимых и практически полным отсутствием снежного покрова в зимний период. При этом сельскохозяйственные культуры региона нередко испытывают последствия наступления засушливых условий, которые могут усугубляться нехваткой воды для орошения. Агрометеорологические обследования и систематический сбор геоботанической, статистической и геопространственной информации позволяет осуществлять наземную поддержку при разработке методов дистанционной оценки озимых на основе спутниковых данных. Цель работы – развитие метода автоматического, регулярного и оперативного распознавания озимых культур на территории Республики Крым для поддержки исследований, направленных на оценку состояния растений, в том числе на основе имитационной модели их развития. В рамках работы получили развитие методы восстановления свободных от мешающих факторов временных серий дистанционных индикаторов состояния растительного покрова на основе локальной взвешенной регрессии полиномами. Построенные с использованием улучшенного метода распознавания региональные карты озимых были оценены с помощью результатов наземных обследований, данных фотоинтерпретации снимков высокого пространственного разрешения, а также были сопоставлены с данными региональной статистики, в результате чего получены оценки точности карт и пространственное распределение ошибок распознавания. Общая точность распознавания озимых сезона 2018–2019 гг. составила 85,9 %, отклонения площадей выявленных озимых от районной статистики составили примерно 3 %. Временные серии полученных на основе регионально-параметризованной модели развития озимой пшеницы значений LAI продемонстрировали достаточно высокий уровень соответствия дистанционным оценкам по данным MODIS (87,7 %), что указывает на возможность использования имитационных моделей развития культур для региональной оценки состояния озимых.

**Ключевые слова:** спутниковый мониторинг, восстановление временных серий, озимые культуры, Республика Крым, WFOST, LAI, Sentinel-2, LOWESS, BEGA-Science.

**Введение**

С появлением в открытом доступе спутниковых данных различного пространственного и временного разрешения, а также с развитием возможностей их автоматической и оперативной обработки возросло число исследований, посвященных распознаванию озимых культур на основе спутниковых данных в различных регионах мира [1–4] и Российской Федерации [5–8]. Республика Крым – удобный регион для исследования и оценки подходов распознавания озимых и оперативной оценки их состояния на основе спутниковых наблюдений ввиду заметного видового разнообразия озимых (пшеница, ячмень, рапс, кориандр и др.),



практически полного отсутствия снежного покрова в зимний период, а также благодаря значительному числу наземных обследований и систематическому сбору ФБГУН «НИИСХ Крыма» агрометеорологической, геоботанической, статистической и геопространственной информации [9]. При этом сельскохозяйственные культуры региона нередко испытывают последствия наступления засушливых условий, которые могут усугубляться нехваткой воды для орошения. Получение на регулярной основе точной и своевременной информации о размещении посевов озимых культур и развитие методов оценки их состояния упрощает оперативный мониторинг сельскохозяйственной растительности и способствует принятию взвешенных управленческих решений.

**Цель исследований** – развитие методов автоматического распознавания озимых культур на больших территориях в целях оценки их состояния на основе геоботанической и агрометеорологической информации, собранной в тестовых регионах на территории Республики Крым, а также оценка точности и анализ полученных результатов.

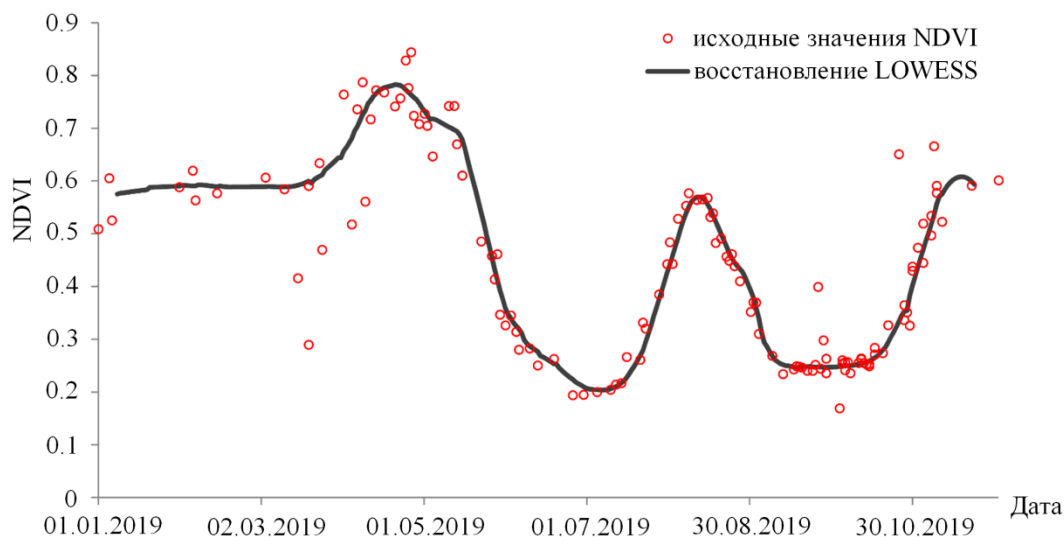
### **Материалы и методы исследований**

#### ***1. Развитие методов обработки спутниковых данных MODIS для распознавания и оценки озимых культур***

При дистанционной оценке характеристик быстро меняющейся сельскохозяйственной растительности на основе мультиспектральных измерений необходимы частые наблюдения за земной поверхностью. Препятствием для измерения спектрально-отражательных характеристик земной поверхности в оптическом диапазоне длин волн является наличие мешающих факторов, таких как снежный покров, облачность и тени от нее. Наиболее распространенные подходы к построению масок облачности для анализируемого спутникового изображения предполагают проведение ряда мультиспектральных тестов, использование каналов теплового диапазона, а также (на этапе построения композитных изображений) задействование спектрально-временной «статистической опоры» для исключения выбросных измерений, в качестве которой обычно выступает локальный временной интервал измерений [10, 11]. Анализ распределения значений внутри опорного временного интервала позволяет находить нетипичные для чистой поверхности измерения, уточняя границы облачности. Обычно процедура построения масок облачности и теней является независимым этапом предварительной обработки изображений, требующим времени и который возвращает результат однозначной классификации каждого пиксела (облачность, тень, снег или чистая поверхность) с некоторой точностью. Производные от него продукты, в частности композитные изображения, отражающие спектральные характеристики объектов земной поверхности, естественным образом ограничены точностью исходного продукта.

Повышение частоты наблюдений можно достигнуть путем синтеза мультисенсорных измерений [12, 13], использованием опорной информации из локальной окрестности [14–16], а также путем независимой интерполяции временной серии каждого элемента изображения [17]. В рамках работ по распознаванию и оценке озимых культур на основе данных прибора MODIS (Terra, Aqua) разработан и апробирован основанный на подходе LOWESS [18] метод локальной взвешенной регрессии для восстановления временных серий безоблачных измерений без использования масок облачности и теней. Для работы метод использует сезонную временную серию всех имеющихся в наличии взвешенных значений целевого индикатора (вегетационного индекса или

коэффициента спектральной яркости), а в качестве метрики веса выступают преобразованные значения нормализованного разностного индекса NDSI, который чувствителен к наличию мешающих факторов, в том числе облачности. В результате работы метода получены безоблачные сезонные временные серии ежедневных значений NDVI по данным MODIS для территории Республики Крым за несколько последних лет (рисунок 1).



**Рисунок 1 – Пример восстановления на основе LOWESS сезонной временной серии значений индекса NDVI полученного по спутниковым данным прибора MODIS для сельскохозяйственного поля, занятого в первой половине года озимыми культурами**

Из примера можно заметить, что метод позволяет восстанавливать пропущенные значения, игнорируя измерения, выполненные в условиях влияния мешающих факторов (обозначенные красным исходные значения, находящиеся гораздо ниже или гораздо выше восстановленной кривой), позволяя достигать ежедневной частоты наблюдений даже в течение зимнего периода.

Этот подход подтвердил свою эффективность при восстановлении безоблачных временных серий спутниковых данных других сенсоров, в том числе высокого пространственного разрешения MSI (Sentinel-2A/B) без необходимости построения масок облачности и теней в других регионах мира [19]. В рамках настоящей работы восстановленные временные серии NDVI по данным прибора MSI с пространственным разрешением 10 м были построены для 2019 г. для всей территории Красногвардейского и Белогорского районов с целью поддержки исследований и разработок по распознаванию и оценке состояния озимых культур в Республике Крым и в настоящее время доступны в интерфейсе BEGA-Science (рисунок 2).

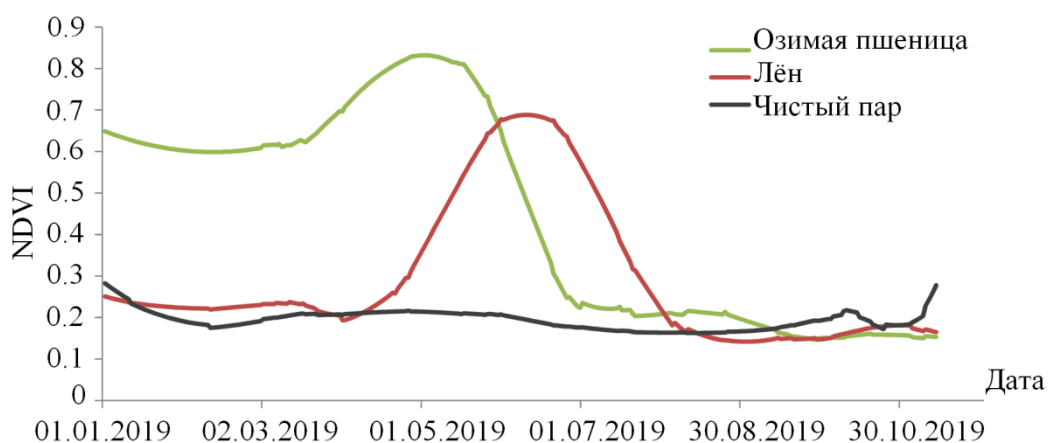
## **2. Развитие метода оперативного автоматического картографирования озимых культур на основе спутниковых данных MODIS**

В ИКИ РАН разработан [20] и используется [7] автоматический метод оперативного выявления озимых культур в весенне-летний период вегетации на основе временных серий спутниковых данных MODIS. Метод позволяет осуществлять независимое построение репрезентативной обучающей выборки на

большие территории по классам «озимые», «яровые» и «чистый пар» на любой момент времени весенне-летнего сезона вегетации культурной растительности. Концепция метода предусматривает последовательное обновление и уточнение в оперативном режиме карт посевов озимых культур в весенне-летний период по мере их развития и появления новых свободных от влияния мешающих факторов спутниковых данных MODIS.



А



Б

**Рисунок 2 – А – разновременной синтез (R-G-B: 20 февраля – 10 апреля – 30 мая) восстановленных изображений NDVI по данным прибора MSI (Sentinel-2A\B) на регион с. Клепинино; Б – восстановленные методом LOWESS временные серии NDVI (Sentinel-2, MSI) для полей, занятых различными культурами**

В указанном методе применен принцип автоматической пространственной экспансии обучающей выборки для её итеративного распространения от места инициализации на всю территорию устойчивого возделывания озимых. На каждой итерации происходит восстановление местного эталона фазовых характеристик [21], описывающего локальные спектрально-динамические характеристики каждого из классов. Отметим, что поскольку озимые отличаются особенностями именно фазовых характеристик, метод позволяет учитывать всё видовое разнообразие озимых без использования абсолютных значений индексов (в том числе озимые зерновые, озимый рапс, озимый кориандр). Затем в зоне действия восстановленного эталона проводят поиск и выявление находящихся на

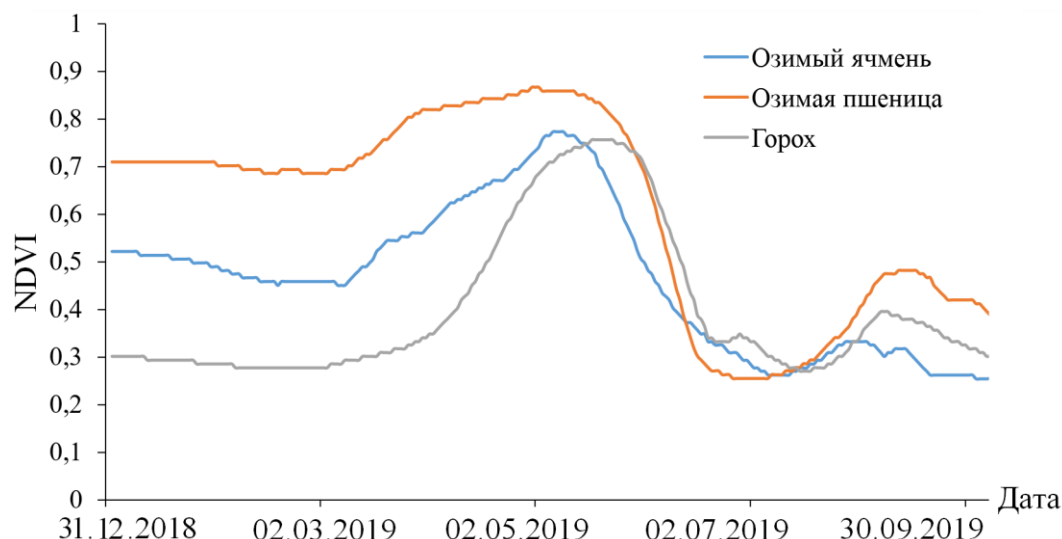
используемых пахотных землях объектов соответствующего класса с похожими на локальный эталон фазовыми характеристиками. Схожесть фазовых характеристик оценивают с точки зрения величины коррелированности динамики временных серий дистанционных характеристик сравниваемых объектов, а также спектрально-динамического расстояния между ними. В свою очередь, выявленные объекты рассматриваемых классов участвуют в формировании новых локальных эталонов, в том числе расположенных на некотором расстоянии от эталонов предыдущей итерации. Итерации повторяют до тех пор, пока найденные эталоны классов достаточно представлены в текущей окрестности. В частности распространение выборки прекращается, если на текущей итерации становится невозможно найти необходимое количество новых эталонов ввиду приближения к окрестностям зоны устойчивого возделывания озимых культур. Таким образом, основанный на принципе экспансии алгоритм позволяет создать актуальную опорную выборку по указанным классам на протяженный пространственно-связанный регион континентального масштаба, например, европейскую часть РФ, север Казахстана, а также ряд восточноевропейских стран. На последнем этапе происходит распознавание озимых культур на основе созданной в результате экспансии опорной выборки, спектрально-динамических метрик и локально-адаптивной классификации методом Random Forest, реализованном в пакете LAGMA [22]. Из результата распознавания исключают пиксели, находящиеся вне актуальной карты используемых пахотных земель, получаемой по данным MODIS [23].

Актуальная информация о размещении полей с озимыми культурами, а также статистические данные о посевных площадях озимых на уровне районов (Красногвардейского и Белогорского) были собраны в ФБГУН «НИИСХ Крыма», благодаря чему оказалось возможным провести региональную валидацию получаемой методом экспансии обучающей выборки и региональных карт озимых, выявить недочёты текущей версии автоматического алгоритма и усовершенствовать его [8].

На основе собранной информации установлено, что в ряде случаев созревание и озимых, и ранних яровых может происходить практически одновременно, что приводит к сильной схожести временных серий вегетационного индекса для этих классов вскоре после достижения максимума зеленой биомассы (рисунок 3). Ввиду этого, автоматически создаваемые по состоянию после момента уборки карты озимых могли уступать по точности более ранним оценкам из-за усиления перепутывания (увеличения схожести) между классами озимых и ранних яровых. Для устранения этого недостатка алгоритм был модифицирован так, чтобы не учитывать фенологию разделяемых классов растительности при расчете метрик схожести для дат после достижения максимального значения вегетационного индекса и начала его заметного снижения.

Также доработан этап автоматической инициализации выборки, результаты которого используют для начала экспансии. Выборка инициализируется на основе сегментации изображений перпендикулярного вегетационного индекса PVI [24] и последующей их кластеризации на основе гистограммного анализа на территорию «гарантированного выращивания» озимых (то есть, регионы с преобладанием посевных площадей озимых в любой произвольный сезон – Краснодарский край, Ставропольский край, Ростовская обл.) в ранне-весенний и весенний период, соответствующий интервалу дат с середины февраля до середины мая. Ранее автоматический анализ изображений в этом регионе происходил, начиная с более ранних дат и заканчивая более поздними, прекращаясь после достижения необходимой репрезентативности выборки. Это приводило к тому, что выборка теряла актуальность, поскольку хронологически тяготела к более ранним датам,

когда разделимость между классами не была оптимальной, а не очень дружные всходы озимых после зимнего периода могли быть причиной ошибочного отнесения ещё не развитых посевов к классу яровых. В новой версии на этапе инициализации приоритет отдается более поздним или наиболее актуальным датам, а перед маркировкой кластера проводится анализ устойчивости его предполагаемого класса на основе анализа разновременных изображений. Карты размещения озимых были получены на основе модифицированного алгоритма на территорию региона исследования для сезонов 2018 и 2019 гг. уборки урожая.



**Рисунок 3 – Временные серии ежедневных значений NDVI озимых и яровых культур на соседних полях Красногвардейского района Крыма по данным прибора MODIS, видна схожесть абсолютных значений и динамики снижения индекса после достижения сезонного максимума**

### **3. Опорные данные для оценки состояния и валидации карт озимых культур**

В рамках работ по развитию методов картографирования и оценки состояния озимых в Республике Крым собраны наборы климатических данных со стационарных и автоматических метеостанций и наборы геопространственной информации, полученной путем полевых обследований, а также с помощью интерпретации спутниковых снимков. Кроме этого, собрана актуальная информация в региональных статистических службах (отделении Министерства сельского хозяйства и районных статистических управлений) о площадях, занятых посевами сельскохозяйственных культур на уровне районов.

#### **3.1. Фенологическая информация о развитии культур в регионе исследования**

По основным сельскохозяйственным культурам региона (озимая пшеница, озимый ячмень, яровой ячмень, нут, подсолнечник, кукуруза) собрана информация по датам сева и уборки, а также наступления основных фенологических фаз (всходы, прекращение вегетации, возобновление вегетации, выход в трубку, появление нижнего узла соломины, колошение, цветение, молочная спелость, полная спелость). Данные наступления фенологических фаз взяты по посевам культур на опытных делянках ФГБУН «НИИСХ Крыма» и данным ФГБУ «Гидрометцентр России» по стационарной агрометеорологической станции

Клепинино, с. Клепинино, Красногвардейский район. Фенологическая информация собрана для сезонов вегетации 2017–2019 годов.

### **3.2. Метеорологическая информация**

Для работы собирали суточные данные автоматизированной метеорологической станции Meteobot®Pro, установленной в Красногвардейском районе, с. Клепинино, (координаты: N45°31'22.26" и E34°10'41.22"), а также данные метеостанции Клепинино ФГБУ «Гидрометцентр России», находящейся на расстоянии 740 м от нее.

Meteobot®Pro (Болгария) – автоматическая метеостанция, которая в реальном времени производит измерение метеорологических параметров: температура (°C), влажность воздуха (%), количество осадков (мм), скорость ветра (м/с), атмосферное давление (гПа) и др. Ввиду относительно поздней даты установки автоматической метеостанции (конец мая 2019 г.), её данные для сезона 2019 г. в работе использовали номинально.

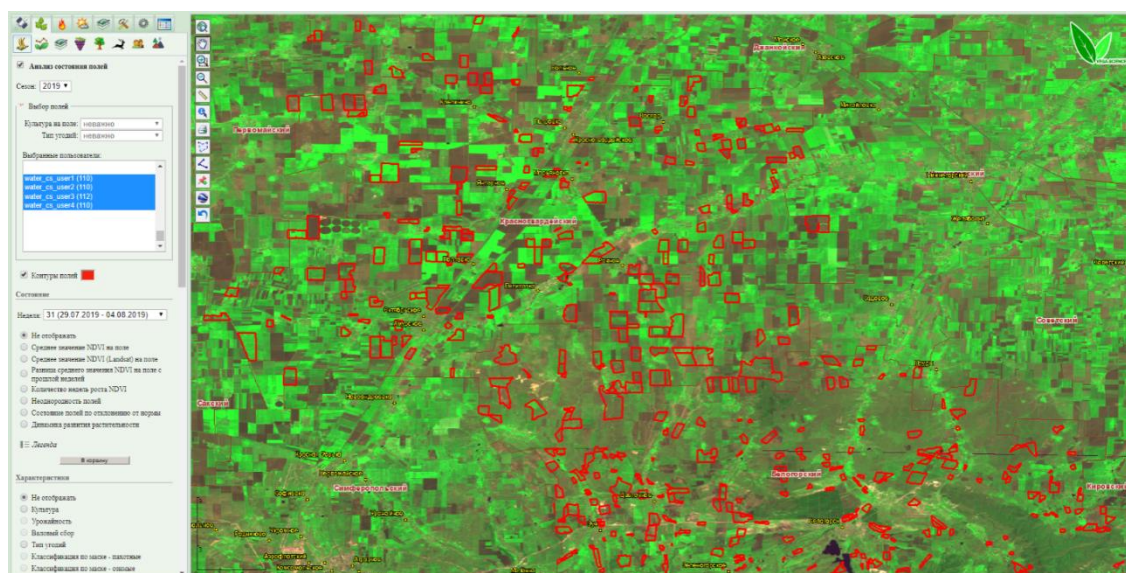
Дополняющие измерения метеостанции ФГБУ «Гидрометцентр России» и необходимые для имитационной модели данные о ежедневном уровне солнечной радиации и парциальном давлении водяного пара взяты из базы данных результатов математического реанализа NCEP [25], содержащей обработанные измерения климатических параметров в узлах регулярной сети с пространственным разрешением 1 угловой градус четыре раза в сутки. Все характеристики посуточно агрегировали следующим образом: измерения парциального давления водяного пара усредняли, для температуры воздуха использовали максимальное и минимальное значения, а измерения уровня осадков и измерения значений солнечной радиации суммировали.

### **3.3. Опорные данные для валидации карт озимых**

В период с мая по август 2019 г. на территории Красногвардейского района проводили выборочную полевую проверку идентифицированных посевов на основе описанного выше методов выявления озимых по данным ДЗЗ, в результате чего создан набор идентифицированных точек. При наличии исторических данных о культурах за 2017–2018 и 2018–2019 гг., данную информацию приписывали соответствующим объектам в интерфейсе платформы VEGA-Science.

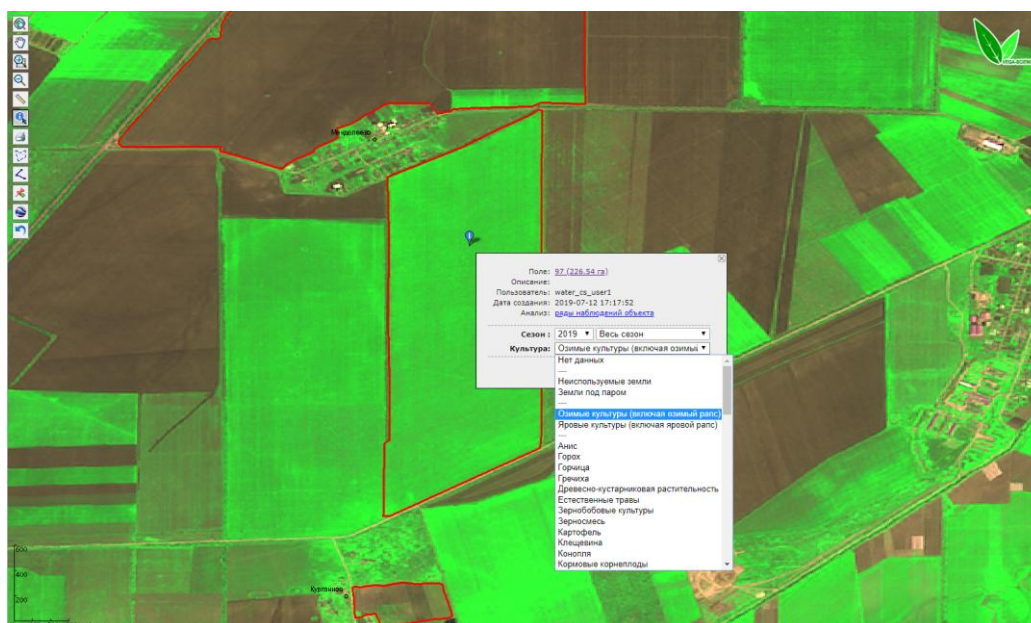
Кроме этого, для проведения полномасштабной оценки точности карт озимых культур на весь регион исследования собранная полевая информация дополнена результатами экспертной интерпретации данных ДЗЗ высокого пространственного разрешения (10–30 м). Такой подход нередко применяют в случае ограниченных возможностей проведения наземных обследований и в ряде случаев он может служить полноценным дополнением информации *in situ* [26]. Таким образом, источниками опорной информации о размещении культур служили: 1) данные, собранные путём наземных обследований (*in situ*), 2) данные, полученные путём фотоинтерпретации спутниковых снимков высокого пространственного разрешения предварительно проинструментированными экспертами.

Задачей экспертов-интерпретаторов было проведение интерактивной классификации объектов (полей) с присвоением им класса, характеризующего наблюдаемый тип растительности. Объектами классификации служили сельскохозяйственные поля Красногвардейского и Белогорского районов, границы которых были получены в векторном формате от ФГБУН «НИИСХ Крыма». Объекты для классификации были распределены случайным образом между 4 экспертами из НИИСХ Крыма и ИКИ РАН; всего 440 полей (10 % от всех имеющихся полей класса «пашня» Красногвардейского и Белогорского районов), т.е. по 110 полей на каждого эксперта (рисунок 4).



**Рисунок 4 – Расположение объектов на территории Красногвардейского и Белогорского районов Крыма для интерактивной фотоинтерпретации экспертами в интерфейсе BEGA-Science**

Интерактивная среда BEGA-Science [27] была использована в качестве платформы для одновременной работы экспертов. Для интерпретации использовали доступный пользователям этой системы архив спутниковых изображений и интерактивные инструменты ручного аннотирования полей (рисунок 5). Для распознавания типов растительности эксперты использовали временную серию снимков высокого пространственного разрешения Landsat-7,8 (OLI) и Sentinel-2 (MSI), а также временные серии ежедневного NDVI по данным MODIS [28].



**Рисунок 5 – Инструменты анализа спутниковых данных и аннотирования полей сервиса BEGA-Science**

Даты получения спутниковых изображений высокого пространственного разрешения выбирали в интервале с 1 сентября 2018 г. по 16 июля 2019 г. для наиболее объективного описания фенологии культур урожая 2019 г., в том числе

озимых. Легенда классификации включала в себя шесть классов: озимые культуры (включая озимый рапс), яровые культуры (включая яровой рапс), сады, сенокосы, неиспользуемые земли, земли под чистым паром. При классификации объекта эксперты руководствовались визуально-динамическими признаками идентификации различных типов растительности, анализируя временные серии спутниковых изображений и вегетационных индексов, также принимались во внимание текстурные, морфологические и спектрально-яркостные характеристики объектов. Неоднородные объекты, включающие в себя группу более мелких полей, а также поля, характеризующиеся сложными условиями их интерпретации ввиду облачности, помечались отдельно и далее экспертами не обрабатывались. В результате проведенной работы создана дополнительная валидационная выборка из 304 полей 2019 г. с присвоенным экспертами классом, из них 116 – поля с классом «озимые» (рисунок 6).

Полученная с помощью краудсорсинга выборка характеризуется высоким уровнем статистической представленности, а также пространственной и тематической репрезентативности, равномерно покрывая регион исследования и охватывая 10 % всех полей региона. Указанная выборка позволила дополнить имеющуюся наземную информацию и провести достаточно надежную валидацию уточненных карт озимых культур для двух исследуемых в проекте районов Крыма.

#### **4. Валидация региональной карты размещения озимых культур в 2019 г.**

Для независимой валидации результатов картографирования озимых культур на территорию двух районов Крыма, полученных модифицированным автоматическим методом на основе спутниковых данных MODIS, было необходимо исключить дополнительную неопределенность, вносимую картой пахотных земель среднего (230 метров) пространственного разрешения [23]. В частности Белогорский район Республики Крым характеризуется наличием холмистой местности, более сложной морфологией и небольшими размерами сельскохозяйственных полей, что увеличивает количество смешанных пикселей и усложняет выявление пахотных земель на основе спутниковых данных MODIS среднего пространственного разрешения. Вместо карты пахотных земель по данным MODIS был использован векторный слой границ всех используемых полей Белогорского и Красногвардейского районов Крыма, полученный в ФГБУН «НИИСХ Крыма» [8].

Далее, полученный после автоматической классификации всей территории на три класса (озимые, яровые, чистые пары) результат бинаризовали (то есть, тематически закругляли) до легенды «озимые\остальные» и фильтровали через слой векторных границ полей, который растеризовали с разрешением 22 м. Результат операции никак не агрегировали с границами объектов и фактически он имел пространственное разрешение спутниковых данных MODIS. Это позволило оценить нижние границы точности полученной указанным образом карты озимых.

Изначально имевшая векторный формат валидационная выборка была также растеризована с пространственным разрешением 22 м и бинаризована до двух целевых классов. В результате сопоставления карты озимых с валидационными эталонами были получены оценки общей точности классификации и точности пользователя и производителя [29].





**Рисунок 6 – Фрагмент результата многопользовательской экспертной фотоинтерпретации объектов сельскохозяйственных земель сезона 2018–2019 гг.**

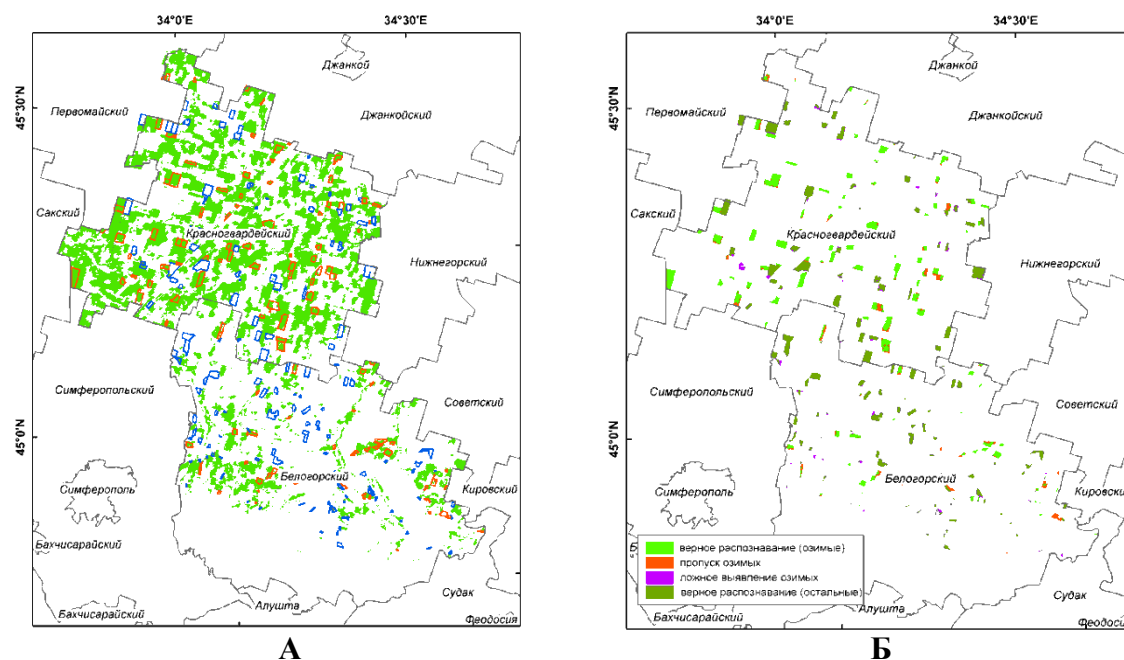
### ***5. Параметризация имитационной модели WOFOST для озимой пшеницы***

В рамках исследований по оценке состояния озимых в процессе их развития использованы возможности имитационного моделирования на основе WOFOST. Имитационная модель WOFOST [30] воспроизводит процессы накопления, развития и отмирания биомассы побегов, плодов, листьев и корней, используя полученные в лабораторных условиях зависимости между структурными единицами сельскохозяйственных растений. Это позволяет восстанавливать структурно-геометрические характеристики растений, в частности значения листового индекса LAI (Leaf Area Index), предоставляя возможность сопоставления с дистанционными измерениями этих величин со спутников.

Собранная в 2017–2019 гг. локальная метеорологическая информация была использована для региональной параметризации модели WOFOST озимой пшеницы в окрестностях стационарной агрометеорологической станции Клепино, с. Клепино, Красногвардейский район. Кроме этого, для параметризации была использована собранная путем наземных обследований фенологическая информация о датах сева, всходов, цветения и наступления спелости озимой пшеницы сезонов 2017–2018 и 2018–2019 гг. В целях оценки устойчивости модели, на первом этапе ее параметризацию осуществляли только на основе данных неблагоприятного для озимых сезона 2017–2018 гг. После этого на втором этапе провели оценку корректности параметризации с использованием информации другого, обычного сезона 2018–2019 гг., а именно, сравнили даты наступления фенологических фаз озимой пшеницы по модели и по результатам наземных обследований. В результате сравнение между модельными и фактическими датами показало расхождение в четыре дня для даты наступления фазы цветения и пять дней – для даты полной спелости, что не превышает погрешности определения этих фенофаз с помощью наземных обследований. Таким образом, был сделан вывод о том, что параметризованная модель достаточно точно описывала разносезонное развитие озимых в регионе исследования, как для обычных, так и для неблагоприятных сезонов и является устойчивой.

### Результаты и их обсуждение

**Результаты валидации карты озимых.** Сопоставление полученной опорной информации с картой озимых культур полученной по состоянию на 26 июня 2019 г. позволило получить картину пространственного распределения результатов валидации на регион исследования (рисунок 7), а также рассчитать матрицу ошибок классификации с пространственным разрешением MODIS.



**Рисунок 7 – А – сопоставление карты озимых культур (зеленый цвет) с валидационными полями (оконтурены) класса озимые (красный контур) и остальные классы (синий контур); Б – пространственное распределение результатов валидации карты озимых**

Несмотря на то, что целевые районы заметно контрастируют между собой с точки зрения агроклиматических и физико-географических условий произрастания озимых, соотношение ошибок распознавания между ними слабо отличается при использовании точных границ сельскохозяйственных полей. По сравнению с картой озимых, полученной предыдущей версией метода для того же самого интервала времени, можно отметить более высокие значения общей точности, а также точности пользователя и производителя (таблица 1), что указывает на эффективность произведенных изменений.

**Таблица 1 – Матрица ошибок и оценки точности для исходного и модифицированного метода распознавания озимых по данным MODIS на территорию региона исследования**

Класс (источник)	Озимые (класс)	Остальное (класс)	РА**
Озимые (наземные данные)	146248 / (141406*)	35310 / (40152*)	0,806 / (0,779*)
Остальное (наземные данные)	17081 / (20259*)	173265 / (170087*)	
UA**	0,895 / (0,875*)		0,859 / (0,838*)

**Примечание.** \*\* PA – Producer accuracy (точность производителя), UA – User accuracy (точность пользователя); \* результаты, полученные при помощи ранней версии метода распознавания, общая точность приведена в правом нижнем углу таблицы.

При сравнении оценок площадей озимых культур, полученных различными версиями метода, можно отметить разнонаправленное изменение значений отклонения от официальной статистики по площадям на уровне районов (таблица 2). Совпадение с данными региональной статистики улучшилось на 4,5 % для Красногвардейского района и на 8,1 % – для Белогорского района.

**Таблица 2 – Районные площади озимых культур согласно данным региональной статистики и по результатам распознавания предыдущей версией (\*) и актуальной версией метода**

Район	Красногвардейский	Белогорский
Данные региональной статистики за 2019 г., га	73780	21552
Площадь по данным новой версии, га	75714	20762
Отклонение, %	2,62	-3,67
Площадь по данным предыдущей версии, га	79572*	24096*
Отклонение, %	7,85*	11,80*

*Примечание.* \* Результаты, полученные при помощи ранней версии метода распознавания.

**Сопоставление значений LAI культурной растительности полученных на основе имитационного моделирования и дистанционной информации.**

Для дистанционной оценки листового индекса LAI использованы восстановленные временные серии ежедневных измерений коэффициентов спектральной яркости (КСЯ) в красном канале MODIS. Дистанционные значения LAI рассчитывали на основе значений КСЯ по формуле:

$$LAI(t) = - \frac{\log\left(1 - \frac{R(t) - R_{\min}}{R_{\max} - R_{\min}}\right)}{0,6}$$

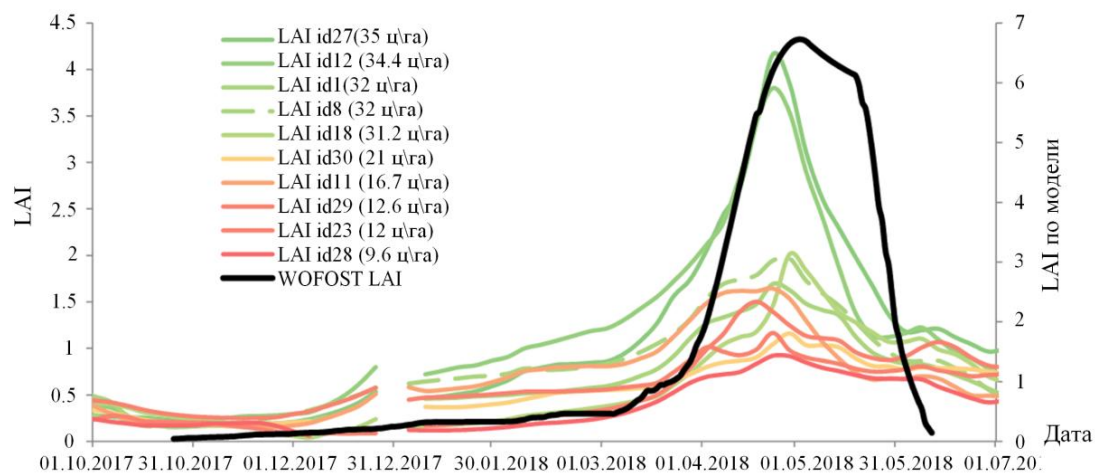
где  $R(t)$ ,  $R_{\min}$  и  $R_{\max}$  – значения КСЯ в текущий момент времени, а также его пятилетние минимум и максимум соответственно.

Отметим, что в зависимости от способа измерения (на основе оптических или радиолокационных данных), LAI может соответствовать либо только зеленой биомассе, либо дополнительно зависеть от наличия уже непригодных для фотосинтеза побегов и листьев. Поскольку в настоящей работе индекс получен по данным измерений в оптическом диапазоне длин волн, под дистанционным измерением LAI растений здесь понимается листовая индекс именно зеленой биомассы, что соответствует характеристике, возвращаемой моделью только до момента цветения. Далее листья и стебель озимой пшеницы начинают желтеть со снижением уровня хлорофилла и воды в них, что приводит к уменьшению дистанционных значений LAI, хотя фактически листья не опадают. Модель корректно учитывает динамику листового индекса после фазы цветения, в результате чего с этого момента между модельной и дистанционной кривыми наблюдаются закономерные различия (момент времени в конце апреля – начале мая для графиков на рисунке 8).

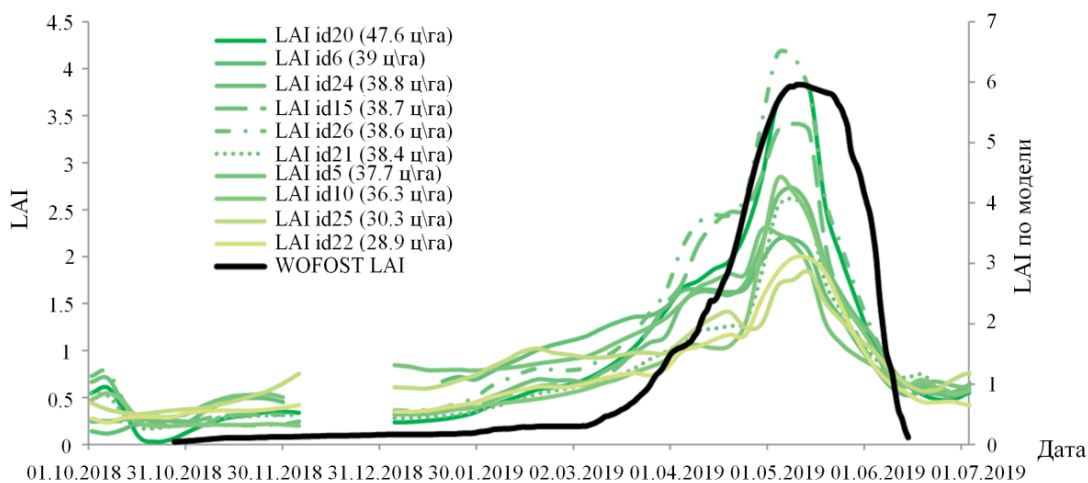
Также необходимо отметить, что дистанционно полученные в рамках настоящей работы значения LAI могут количественно отличаться от наземных (например, измеренных с помощью Fisheye-камеры или деструктивным способом) ввиду множества факторов, таких как наличие и отсутствие сорняков, высокой чувствительности красного канала к влиянию атмосферы и относительной простоты использованной формулы для расчета LAI.

Ввиду этого, под соответствием сезонной динамики дистанционных и модельных значений индекса листовой поверхности понимают соответствие

фазовых характеристик сравниваемых кривых на основе, например, корреляционно-регрессионного анализа.



А



Б

**Рисунок 8 – Сравнение динамики LAI, соответствующей различным полям озимой пшеницы в районе с. Клепинино по спутниковым данным (цветные кривые), с модельной динамикой (черная линия)**

*Примечание.* А – неблагоприятный сезон вегетации (2017–2018 гг.); Б – обычный сезон (2018–2019 гг.); LAI слева – для цветных кривых, ось LAI справа – для модельной кривой; разрывы на графиках соответствуют пропускам в спутниковых данных; цвет графиков характеризует урожайность.

Временные серии дистанционных измерений LAI получены для нескольких десятков полей, находящихся в окрестностях с. Клепинино и занятых озимой пшеницей в 2017–2018 или 2018–2019 гг., а также обеспеченных информацией о фактической урожайности. Для каждого из этих сезонов получена модельная кривая сезонных значений LAI, которая сопоставлена с дистанционными измерениями (см. рисунок 8).

Из графиков видно, что модельные кривые имеют практически совпадающие фазовые характеристики с дистанционными кривыми до момента цветения: средняя по всем полям и сезонам корреляция с результатами имитационного моделирования составила 87,7 %, что указывает на то, что модель позволяет качественно описывать развитие озимых целевого сезона вегетации.

### Выводы

В результате выполненных исследований получен ряд новых результатов, имеющих как региональное значение, так и универсальное применение на территориях большого пространственного охвата. В частности метод восстановления ежедневных временных серий на основе LOWESS показал эффективность при создании безоблачных временных серий дистанционных индикаторов как среднего (Terra, Aqua\MODIS), так и высокого (Sentinel-2A,B\MSI) пространственного разрешения. Отметим также, что ранее этот метод был успешно применен в тропических регионах мира [19]. Разработанный метод построения серий ежедневных измерений дистанционных индикаторов состояния растительного покрова позволяет точнее описывать динамику развития сельскохозяйственных культур и использовать ежедневные восстановленные значения индикаторов в качестве более информативных признаков для распознавания сельскохозяйственной растительности.

Путем наземных обследований и фотоинтерпретации сезонной временной серии снимков высокого пространственного разрешения была собрана актуальная и репрезентативная информация о размещении посевов озимых культур в 2019 г. в Красногвардейском и Белогорском районах Республики Крым. Благодаря этим данным получена возможность разносторонней оценки и улучшения автоматического метода распознавания озимых на основе экспансии обучающей выборки. Исследования позволили уточнить временные рамки инициализации выборки и критерии спектрально-фазовой делимости классов, что привело к повышению точности карт озимых культур исследуемого региона. Модифицированный метод позволил достичь значения общей точности 85,9 % при распознавании озимых урожая 2019 г., а полученные в результате карты размещения озимых указывают на улучшение совпадения с информацией, полученной по данным районных статистических служб.

Параметризованная на основе наземной информации модель WOFOST демонстрирует достаточную устойчивость как для типичных, так и для неблагоприятных сезонов. При условии наличия локальной и достоверной метеоинформации это позволяет использовать возвращаемые моделью характеристики в качестве фазового эталона развития культур [21]. В таком случае для посевов озимых с сезонной динамикой развития отличной от эталонной (модельной) становится теоретически возможным оценить относительное изменение их потенциальной урожайности по отношению к типичным посевам. Кроме этого, поскольку последствия воздействия стрессовых факторов на урожайность сельскохозяйственных культур зависят от фазы развития растений, использование имитационного моделирования позволяет точнее оценить последствия неблагоприятных метеорологических явлений с помощью более точного прогнозирования дат наступления фенофаз.

*Развитие метода распознавания озимых культур на основе спутниковых данных MODIS выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Министерства образования, науки и молодежи Республики Крым в рамках научного проекта № 19-416-910006-р-а с использованием инфраструктуры Центра коллективного пользования системами архивации, обработки и анализа спутниковых данных ИКИ РАН для решения задач изучения и мониторинга окружающей среды [31]. Разработка метода восстановления временных серий ежедневных безоблачных наблюдений выполнена в рамках темы «Мониторинг» (госрегистрация № 01.20.0.2.00164).*

### Литература

1. Wardlow B., Egbert S. Large-area crop mapping using time-series MODIS 250 m NDVI data: an assessment for the U. S. Central Great Plains // *Remote Sensing of Environment*. 2008. Vol. 112. P. 1096–1116.
2. Mingwei Z., Qingbo Z., Zhongxin C., Jia L., Yong Z., Chongfa C. Crop discrimination in Northern China with double cropping systems using Fourier analysis of time-series MODIS data // *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 2008. Vol. 10. P. 476–485.
3. Skakun S., Franch B., Vermote E., Roger J.-C., Becker-Reshef I., Justice C., Kussul N. Early season large-area winter crop mapping using MODIS NDVI data, growing degree days information and a Gaussian mixture model // *Remote Sensing of Environment*. 2017. Vol. 195. P. 244–258. DOI: 10.1016/j.rse.2017.04.026.
4. Tian H., Huang N., Niu Z., Qin Y., Pei J., Wang J. Mapping winter crops in China with multi-source satellite imagery and phenology-based algorithm // *Remote sensing*. 2019. No. 11. Art. No. 820. DOI: 10.3390/rs11070820.
5. Терехин Э. А. Применение данных дистанционного зондирования для мониторинга посевов озимых культур Белгородской области // *География и природные ресурсы*. 2015. № 3. С. 175–181.
6. Воробьева Н. С., Сергеев В. В., Чернов А. В. Информационная технология раннего распознавания видов сельскохозяйственных культур по космическим снимкам // *Компьютерная оптика*. 2016. Т. 40. № 6. С. 929–938. DOI: 10.18287/2412-6179-2016-40-6-929-938.
7. Плотников Д. Е., Барталев С. А., Лупян Е. А., Толпин В. А. Оценка точности выявления посевов озимых культур в весенне-летний период вегетации по данным прибора MODIS // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2017. Т. 14. № 4. С. 132–145. DOI: 10.21046/2070-7401-2017-14-4-132-145.
8. Дунаева Е. А., Ёлкина Е. С., Барталев С. А., Плотников Д. Е., Вечерков В. В., Головастова Е. С. Особенности идентификации посевов озимых зерновых средствами дистанционного зондирования Земли // *Таврический вестник аграрной науки*. 2018. № 4(16). С. 18–31. DOI: 10.25637/TVAN2018.04.02.
9. Паштецкий В. С., Радченко Л. А., Турин Е. Н., Турина Е. Л., Приходько А. В., Женченко К. Г., Радченко А. Ф., Пташник О. П., Ремесло Е. В., Иванов В. Ю., Ростова Е. Н. Особенности формирования урожая озимых и ранних яровых зерновых, зернобобовых, масличных культур и рекомендации по их уборке в условиях 2018 года. Научно-методическое издание. АгроКрым. Симферополь: ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма», 2018. С. 1–15.
10. Барталев С. А., Егоров В. А., Жарко В. О., Лупян Е. А., Плотников Д. Е., Хвостиков С. А., Шабанов Н. В. Спутниковое картографирование растительного покрова России. М.: ИКИ РАН, 2016. 208 с.
11. Егоров В. А., Барталев С. А., Колбудаев П. А., Плотников Д. Е., Хвостиков С. А. Карта растительного покрова России, полученная по данным спутниковой системы Proba-V // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2018. Т. 15. № 2. С. 282–286. DOI: 10.21046/2070-7401-2018-15-2-282-286.
12. Gao F., Masek J., Schwaller M., Hall F. On the blending of the Landsat and MODIS surface reflectance: predicting daily landsat surface reflectance // *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. 2006. Vol. 44. No. 8. P. 2207–2218. DOI: 10.1109/TGRS.2006.872081.
13. Wu M., Wu C., Huang W., Niu Z., Wang C., Li W., Hao P. An improved high spatial and temporal data fusion approach for combining Landsat and MODIS data to generate daily synthetic Landsat imagery // *Information Fusion*. 2016. No. 31. P. 14–25.
14. Ding C., Liu X., Huang F. Temporal interpolation of satellite-derived leaf area index time series by introducing spatial-temporal constraints for heterogeneous grasslands // *Remote Sens*. 2017. No. 9. Art. No. 968. DOI: 10.3390/rs9090968.
15. Плотников Д. Е., Колбудаев П. А., Барталев С. А., Лупян Е. А. Автоматическое распознавание используемых пахотных земель на основе сезонных временных серий восстановленных изображений Landsat // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2018. Т. 15. № 2. С. 112–127. DOI: 10.21046/2070-7401-2018-15-2-112-127.
16. Гаврилюк Е. А., Плотникова А. С., Плотников Д. Е. Картографирование наземных экосистем Печоро-Ильчского заповедника и его окрестностей на основе восстановленных мультивременных спутниковых данных Landsat // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2018. Т. 15. № 5. С. 141–153. DOI: 10.21046/2070-7401-2018-15-5-141-153.
17. Плотников Д. Е., Миклашевич Т. С., Барталев С. А. Восстановление временных рядов данных дистанционных измерений методом полиномиальной аппроксимации в скользящем окне переменного размера // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2014. Т. 11. № 2. С. 103–110.
18. Cleveland W. S. Robust locally weighted regression and smoothing scatterplots // *Journal of the American Statistical Association*. 1979. No. 74 (368). P. 829–836. DOI: 10.2307/2286407.
19. Ёлкина Е. С., Егоров В. А., Плотников Д. Е., Самофал Е. В., Барталев С. А., Патил В. К., Сунил Д. К., Чаван В. К. Развитие методов спутникового мониторинга состояния посевов сахарного

тростника в Южной Индии // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. № 5. С. 159–173. DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-5-159-173.

20. Плотников Д. Е., Барталев С. А., Хвостиков С. А. Метод итеративной экспансии обучающей выборки и его применение для распознавания озимых культур по спутниковым данным // Одиннадцатая всероссийская открытая конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». М.: ИКИ РАН, 2013., 2013. С. 346.

21. Плотников Д. Е., Хвостиков С. А., Барталев С. А. Метод автоматического распознавания сельскохозяйственных культур на основе спутниковых данных и имитационной модели развития растений // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2018. Т. 15. № 4. С. 131–141. DOI: 10.21046/2070-7401-2018-15-4-131-141.

22. Bartalev S. A., Egorov V. A., Loupian E. A., Khvostikov S. A. A new locally-adaptive classification method LAGMA for large-scale land cover mapping using remote-sensing data // Remote Sensing Letters. 2014. No. 5(1). P. 55–64. DOI: 10.1080/2150704X.2013.870675.

23. Bartalev S. A., Plotnikov D. E., Loupian E. A. Mapping of arable land in Russia using multiyear time series of MODIS data and the LAGMA classification technique // Remote Sensing Letters. 2016. Vol. 7. No. 3. P. 26–278. DOI: 10.1080/2150704X.2015.1130874.

24. Плотников Д. Е., Колбудаев П. А., Барталев С. А. Выделение сезонно-однородных областей на основе анализа временных серий спутниковых изображений // Компьютерная оптика. 2018. Т. 42. № 3. С. 447–456. DOI: 10.18287/2412-6179-2018-42-3-447-456.

25. Kalnay E., Kanamitsu M., Kistler R., Collins W., Deaven D., Gandin L., Iredell M., Saha S., White G., Woollen J., Zhu Y., Chellian M., Ebisuzaki W., Higgins W., Janowiak J., Mo K.C., Ropelewski C., Wang J., Leetmaa A., Reynolds R., Jenne R., Joseph D. The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project // Bulletin of the American meteorological Society. 1996. Vol. 77. Iss. 3. P. 437–471. DOI: 10.1175/1520-0477(1996)077<0437:TNYRP>2.0.CO;2.

26. Плотников Д. Е., De Abellegra D., Veron S.R., Zhang M., Толпин В. А., Барталев С. А., Lavreniuk M., Waldner F., Ziad A. Картографирование пахотных земель в различных регионах глобальной сети JESAM на основе спутниковых данных Landsat и полученной методом краудсорсинга опорной информации // 16 Всероссийская ежегодная конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». М.: ИКИ РАН, 2018. С. 177–184. DOI: 10.21046/forse2018.177.

27. Лупян Е. А., Савин И. Ю., Барталев С. А., Толпин В. А., Балашов И. В., Плотников Д. Е. Спутниковый сервис мониторинга состояния растительности («Вега») // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2011. Т.8. № 1. С.190–198.

28. Плотников Д. Е., Ёлкина Е. С., Дунаева Е. А., Барталев С. А. Метод восстановления сезонных временных серий мультиспектральных спутниковых индикаторов на основе LOWESS и кросс-канальной оптимизации для оценки сельскохозяйственной растительности // Семнадцатая Всероссийская открытая конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». М.: ИКИ РАН, 2019. С. 442. DOI: 10.21046/17DZZconf-2019a.

29. Stehman S. V. Selecting and interpreting measures of thematic classification accuracy // Remote Sensing of Environment. 1997. Vol. 62. P. 77–89. DOI:10.1016/S0034-4257(97)00083-7.

30. Diepen C., Wolf J., Keulen H., Rappoldt C. WOFOST: a simulation model of crop production // Soil use and management. 1989. Vol. 5. Iss. 1. P. 16–24.

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

## References

1. Wardlow B., Egbert S. Large-area crop mapping using time-series MODIS 250 m NDVI data: an assessment for the U. S. Central Great Plains // Remote Sensing of Environment. 2008. Vol. 112. P. 1096–1116.
2. Mingwei Z., Qingbo Z., Zhongxin C., Jia L., Yong Z., Chongfa C. Crop discrimination in Northern China with double cropping systems using Fourier analysis of time-series MODIS data // International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. 2008. Vol. 10. P. 476–485.
3. Skakun S., Franch B., Vermote E., Roger J.-C., Becker-Reshef I., Justice C., Kussul N. Early season large-area winter crop mapping using MODIS NDVI data, growing degree days information and a Gaussian mixture model // Remote Sensing of Environment. 2017. Vol. 195. P. 244–258. DOI: 10.1016/j.rse.2017.04.026.
4. Tian H., Huang N., Niu Z., Qin Y., Pei J., Wang J. Mapping Mapping winter crops in China with multi-source satellite imagery and phenology-based algorithm // Remote sensing. 2019. No. 11. Art. No. 820. DOI: 10.3390/rs11070820.
5. Terekhin E. A. Remote sensing data application for wintercrops monitoring in Belgorod oblast // Geografiya i prirodnye resursy. 2015. No. 3. P. 175–181.

6. Vorob'eva N. S., Sergeev V. V., Chernov A. V. Information technology of early crop identification by using satellite images // *Komp'yuternaya optika*. 2016. Vol. 40. No. 6. P. 929–938. DOI: 10.18287/2412-6179-2016-40-6-929-938.
7. Plotnikov D. E., Bartalev S. A., Loupian E. A., Tolpin V. A. Accuracy assessment for winter crops mapping in spring-summer growing season with MODIS data // *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*. 2017. Vol. 14. No 4. P. 132–145. DOI: 10.21046/2070-7401-2017-14-4-132-145.
8. Dunaieva Ie. A., Elkina E. S., Plotnikov D. E., Bartalev S. A., Vecherkov V. V., Golovastova E. S. Features of winter grain crops identification by means of remote sensing // *Taurida Herald of the Agrarian Sciences*. 2018. No. 4 (16). P. 18–31. DOI: 10.25637/TVAN2018.04.02.
9. Pashtetsky V. S., Radchenko L. A., Turin E. N., Turina E. L., Prihodko A. V., Zhenchenko K. G., Radchenko A. F., Ptashnik O. P., Remeslo E. V., Ivanov V. Yu., Rostova E. N. Features of forming harvest winter and early spring grains, grains, oil crops and recommendations for their cleaning in conditions of 2018. Scientific and methodical publication. AgroKrym. Simferopol: FSBSI "Research Institute of Agriculture of Crimea", 2018. P. 1–5.
10. Bartalev S. A., Egorov V. A., Zharko V. O., Loupian E. A., Plotnikov D. E., Khvostikov S. A., Shabanov N. V. Landcover mapping over Russia using Earth observation data. Moscow: IKI RAN, 2016. 208 p.
11. Egorov V. A., Bartalev S. A., Kolbudaev P. A., Plotnikov D. E., Khvostikov S. A. Land cover map of Russia derived from Proba-V satellite data // *Sovremennye problem distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*. 2018. Vol. 15. No 2. P. 282–286. DOI: 10.21046/2070-7401-2018-15-2-282-286.
12. Gao F., Masek J., Schwaller M., Hall F. On the blending of the Landsat and MODIS surface reflectance: predicting daily landsat surface reflectance // *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. 2006. Vol. 44. No. 8. P. 2207–2218. DOI: 10.1109/TGRS.2006.872081.
13. Wu M., Wu C., Huang W., Niu Z., Wang C., Li W., Hao P. An improved high spatial and temporal data fusion approach for combining Landsat and MODIS data to generate daily synthetic Landsat imagery // *Information Fusion*. 2016. No. 31. P.14–25.
14. Ding C., Liu X., Huang F. Temporal Interpolation of satellite-derived leaf area index time series by introducing spatial-temporal constraints for heterogeneous grasslands // *Remote Sens*. 2017. No. 9. Art. No. 968. DOI: 10.3390/rs9090968.
15. Plotnikov D. E., Kolbudaev P. A., Bartalev S. A., Loupian E. A. Automated annual cropland mapping from reconstructed time series of Landsat data // *Sovremennye problem distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*. 2018. Vol. 15. No 2. P. 112–127. DOI: 10.21046/2070-7401-2018-15-2-112-127.
16. Gavrilyuk E. A., Plotnikova A. S., Plotnikov D. E. Land cover mapping of the Pechora-Ilych Nature Reserve and its vicinity based on reconstructed multitemporal Landsat satellite data // *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*. 2018. Vol. 15. No 5. P. 141–153. DOI: 10.21046/2070-7401-2018-15-5-141-153.
17. Plotnikov D. E., Miklashevich T. S., Bartalev S. A. Using local polynomial approximation within moving window for remote sensing data time-series smoothing and data gaps recovery // *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*. 2014. Vol. 11. No. 2. P. 103–110.
18. Cleveland W. S. Robust locally weighted regression and smoothing scatterplots // *Journal of the American Statistical Association*. 1979. No. 74 (368). P. 829–836. DOI:10.2307/2286407.
19. Elkina E. S., Egorov V. A., Plotnikov D. E., Samofal E. V., Bartalev S. A., Patil V. C., Sunil J. K., Chavan V. S. Development of satellite monitoring methods for sugarcane crop condition assessment in Peninsular India // *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*. 2019. Vol. 16. No. 5. P. 159–173. DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-5-159-173.
20. Plotnikov D. E., Bartalev S. A., Khvostikov S. A. The method of training set iterative expansion and its usage for winter crops mapping with remote sensing data // *The 11<sup>th</sup> All-Russia Open Conference "Current Problems in Remote Sensing of the Earth from Space"*. Moscow: IKI RAN, 2013. P. 346.
21. Plotnikov D. E., Khvostikov S. A., Bartalev S. A. Method for automated crop types mapping using remote sensing data and a plant growth simulation model // *Sovremennye problem distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*. 2018. Vol. 15. No 4. P. 131-141. DOI: 10.21046/2070-7401-2018-15-4-131-141.
22. Bartalev S. A., Egorov V. A., Loupian E. A., Khvostikov S. A. A new locally-adaptive classification method LAGMA for large-scale land cover mapping using remote-sensing data // *Remote Sensing Letters*. 2014. No. 5(1). P. 55–64. DOI: 10.1080/2150704X.2013.870675.
23. Bartalev S. A., Plotnikov D. E., Loupian E. A. Mapping of arable land in Russia using multiyear time series of MODIS data and the LAGMA classification technique // *Remote Sensing Letters*. 2016. Vol. 7. No. 3. P. 269–278. DOI: 10.1080/2150704X.2015.1130874.
24. Plotnikov D. E., Kolbudaev P. A., Bartalev S. A. Identification of dynamically homogeneous areas with time series segmentation of remote sensing data // *Computer Optics*. 2018. Vol. 42. No 3. P. 447–456. DOI: 10.18287/2412-6179-2018-42-3-447-456.
25. Kalnay E., Kanamitsu M., Kistler R., Collins W., Deaven D., Gandin L., Iredell M., Saha S., White G., Woollen J., Zhu Y., Chellian M., Ebisuzaki W., Higgins W., Janowiak J., Mo K.C., Ropelewski C., Wang J., Leetmaa A., Reynolds R., Jenne R., Joseph D. The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project //



Bulletin of the American Meteorological Society. 1996. Vol. 77. Iss. 3. P. 437–471. DOI: 10.1175/1520-0477(1996)077<0437:TNYRP>2.0.CO;2.

26. Plotnikov D. E., de Abelleira D., Veron S. R., Zhang M., Tolpin V. A., Bartalev S. A., Lavreniuk M., Waldner F., Ziad A. Using crowdsourcing datasets and Landsat Satellite data for cropland mapping in different agrosystems of global JECAM network // 16<sup>th</sup> All-Russia Open Conference “Current Problems in Remote Sensing of the Earth from Space”. Moscow: P. 177–184. DOI: 10.21046/rose2018.177.

27. Loupian E. A., Savin I. Yu., Bartalev S. A., Tolpin V. A., Balashov I. V., Plotnikov D. E. Satellite service for vegetation monitoring VEGA // Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa. 2011. Vol. 8. No. 1. P. 190–198.

28. Plotnikov D. E., Elkina E. S., Dunaieva Ie. A., Bartalev S. A. The method for reconstruction of seasonal time series of multispectral satellite indicators using LOWESS and cross-band optimization for crop state assessment // The 17<sup>th</sup> All-Russia Open Conference “Current Problems in Remote Sensing of the Earth from Space”. Moscow: IKI RAN, 2019. P. 442. DOI: 10.21046/17DZZconf-2019a.

29. Stehman S. V. Selecting and Interpreting Measures of Thematic Classification Accuracy // Remote Sensing of Environment. 1997. Vol. 62. P. 77–89. DOI: 10.1016/S0034-4257(97)00083-7.

30. Diepen C., Wolf J., Keulen H., Rappoldt C. WOFOST: a simulation model of crop production // Soil use and management. 1989. Vol. 5. Iss. 1. P. 16–24.

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

UDC 631.6:556.1:528.8

Plotnikov D. E., Elkina E. S., Dunaieva Ie. A., Khvosikov S. A., Loupian E. A., Bartalev S. A.

**DEVELOPMENT OF THE METHOD FOR AUTOMATIC WINTER CROPS  
MAPPING BY MEANS OF REMOTE SENSING AIMED AT CROPS STATE  
ASSESSMENT OVER THE REPUBLIC OF CRIMEA**

*Summary. The Republic of Crimea features by a winter crops species diversity and almost complete absence of snow cover during the winter period. However, regional agricultural crops often experience the effects of dry conditions, which may be exacerbated by a lack of water for irrigation. Agrometeorological surveys and systematic collection of geobotanical, statistical and geospatial information support the development of methods for remote assessment of winter crops based on satellite data. The study is aimed at improvement of existing method for automated, systematic and timely identification of winter crops over the Crimea to support crop state assessment studies, including ones based on crop growth model. Within this study, there were further developed methods for reconstruction of time series of remotely derived crop condition indicators, which based on locally weighted polynomial regression. New winter crops maps for the Crimea were produced with improved mapping method and, firstly, were validated against the dataset consisted of in-situ data and results of visual interpretation of high resolution satellite imagery, and, secondly, were compared with regional statistics on winter crops sown area. Validation outputs were derived for winter crops maps for the season 2018–2019 with errors types mapped for each validation sample. Validation indicated that the accuracy of winter crops mapping was 85.9 %; deviations of the areas of winter crops from district statistics amounted to approximately 3 %. LAI time series produced with locally parameterized winter wheat crop model showed confidently high level of correspondence with MODIS-derived LAI estimations (87,7 %), which supports the capacity of crop growth modeling for regional crop condition assessment.*

**Keywords:** satellite monitoring, time series reconstruction, winter crops, Republic of Crimea, WOFOST, LAI, Sentinel-2, LOWESS, BEFA-Science.

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

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

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

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

Лупян Евгений Аркадьевич, доктор технических наук, заведующий отделом технологий спутникового мониторинга, ФГБУН «Институт космических исследований РАН»; 117997, Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная 84/32; e-mail: evgeny@d902.iki.rssi.ru.

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

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

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

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

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

Loupiyan Evgeniy Arkadievich, Dr. Sc. (Techn.), Head of Technologies of Satellite Monitoring Department, Space Research Institute (IKI) of the Russian Academy of Sciences; 84/32, Profsoyuznaya str., Moscow, 117997, Russia; e-mail: evgeny@d902.iki.rssi.ru.

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

*Дата поступления в редакцию – 15.02.2020.*

*Дата принятия к печати – 01.04.2020.*

Припоров Е. В.

**ОПТИМАЛЬНАЯ ЗАГРУЗКА ДВИГАТЕЛЯ ТРАКТОРА В СОСТАВЕ  
ПОСЕВНОГО АГРЕГАТА**

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина»

**Реферат.** *Современные зерновые сеялки оснащают рядом устройств, которые позволяют снизить затраты на регулировку и подготовку агрегата к работе. В общих затратах на посев зерновых затраты на топливо составляют более половины. Величина расхода топлива на работу посевного агрегата зависит от тягового сопротивления и режима работы трактора. Цель исследований – определить загрузку двигателя трактора «Беларус 80.1» с зерновой сеялкой марки «ЗС-4,2» при посеве озимой пшеницы и обосновать тяговое сопротивление посевного агрегата, при котором обеспечивается оптимальная загрузка двигателя трактора. Наблюдения за работой посевного агрегата в учебно-опытном хозяйстве «Кубань» ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина» осенью 2019 г. показали, что двигатель трактора загружен менее 70 %. Выполнен анализ зерновых сеялок с шириной междурядья 0,15 м для посева по традиционной технологии. Установлена зависимость тягового сопротивления агрегата от суммарного тягового сопротивления сошников, эксплуатационной массы сеялки и состояния почвы. Доказано, что тяговое сопротивление зерновой сеялки в зависимости от «сухой» массы и вместимости бункера изменяется в интервале от 9,70 кН до 27,27 кН. По мере увеличения массы сеялки в интервале от 1640 кг до 3050 кг, при фиксированном числе сошников и глубине заделки семян 0,08 м возрастает тяговое сопротивление на перекачивание посевного агрегата. Номинальное значение силы тяги на крюке при допустимой величине буксования для тракторов тягового класса 1.4 и тягового класса 2 находится в интервале от 13,25 кН до 20,78 кН. Определена зависимость числа сошников от эксплуатационной массы трактора, тягового сопротивления сошника и силы сопротивления на перекачивание эксплуатационной массы сеялки. Блочно-модульный принцип составления рабочей ширины захвата сеялки во время комплектования посевного агрегата позволит в зависимости от «сухой» массы, вместимости бункера, эксплуатационной массы трактора подобрать число сошников, при котором коэффициент загрузки двигателя будет близок к оптимальному.*

**Ключевые слова:** *тяговое сопротивление, дисковый сошник, вместимость бункера, «сухая» масса, число сошников, оптимальная загрузка, блочно-модульный принцип.*

**Введение**

Известно, что посев зерновых при традиционной подготовке почвы в основном выполняют сеялки, оснащенные двухдисковым сошником с шириной междурядья 12,5 и 15,0 см. Интенсивная технология возделывания зерновых культур предусматривает посев сеялкой с шириной междурядья 15 см. Во время посева формируют технологическую колею с шириной незасеянной полосы по 450 мм симметрично от продольной оси движения агрегата на расстоянии 1800 мм. При формировании технологического комплекса машин для ухода за посевами по технологической колее возникают проблемы с выбором необходимой рабочей ширины захвата машины для ухода за посевами [1–3].

Выпускаемые серийно зерновые сеялки имеют заслонки для отключения высевующих аппаратов на момент формирования незасеянных полос

технологической колеи. Зерновые сеялки с шириной междурядья 15 см оснащают устройствами, которые позволяют снизить трудоемкость работ по подготовке их к работе. В числе этих устройств – редуктор для ступенчатого изменения частоты вращения или вариатор для бесступенчатого изменения частоты вращения вала высевающего аппарата для семян и удобрений. Норма высева семян может варьировать в интервале от 2,0 до 350,0 кг/га, а удобрений – в интервале от 50,0 до 210,0 кг/га. Объем бункера сеялки оснащен перегородкой, которая делит его объем на отделы для семян и удобрений в соотношении 60/40 или 70/30 [4, 5]. Зерновая сеялка оснащается маркером, который переводится из транспортного положения в рабочее за счет силового цилиндра из кабины трактора. На большинстве зерновых сеялок дисковые сошники установлены со смещением 6,0 мм один относительно другого. Это позволяет двухдисковому сошнику разрезать толстые стебли пропашных культур, которые попадают на пути его движения [6]. Количество сошников зерновой сеялки в зависимости от рабочей ширины захвата составляет от 24 до 60.

Одно из направлений повышения эффективности посева зерновых и снижение затрат на его проведение – совершенствование технологического процесса распределения семян по глубине и обоснование параметров двухдискового сошника, второе направление – оптимизация параметров конструкции высевающего аппарата зерновой сеялки [7, 8]. Однако основной показатель работы посевного агрегата – удельный массовый расход на выполнение технологической операции.

Затраты на топливо при проведении посева составляют более половины всех затрат. Особенность посевного агрегата заключается в том, что его тяговое сопротивление зависит не только от объема бункера для семян и удобрений, но и от «сухой» массы и тягового сопротивления рабочих органов сеялки. Выбрать требуемое число высевающих аппаратов по известной методике не представляется возможным. Согласно общепринятой методике, величина тягового сопротивления агрегата зависит от рабочей ширины захвата и удельного тягового сопротивления почвы [9]. Визуально загрузку двигателя трактора в составе посевного агрегата определяют по цвету выхлопных газов во время его движения с заполненным бункером. Бесцветный состав выхлопных газов свидетельствует о неполной загрузке двигателя.

**Цель исследований** – определить загрузку двигателя трактора «Беларус 80.1» с зерновой сеялкой марки «ЗС-4,2» при посеве озимой пшеницы и обосновать тяговое сопротивление посевного агрегата, при котором обеспечивается оптимальная загрузка двигателя трактора.

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

Осенью 2019 г. на посеве зерновых в учебно-опытном хозяйстве «Кубань» Кубанского ГАУ проводили производственные исследования работы посевного агрегата. Условия проведения посева зерновых: почва – чернозем выщелоченный слабогумусный, обработанный слой рыхлый, мелкокомковатый. В слое до 80 % имелись комки, максимальный диаметр которых не превышал 2,5 см, 10 % комков имели размер от 5,0 см до 10,0 см. Предпосевная обработка отвечала требованиям ГОСТ 26244-84 [10]. Участок имел длину гона 680 м, угол склона до 2°, препятствия отсутствовали, норма высева семян – 200 кг/га.

Известно, что загрузку двигателя трактора оценивают по величине коэффициента загрузки, величина последнего определяется по выражению [9]:

$$\varepsilon_N = \frac{(n_x - n_i)}{(n_x - n_n)} \left( \frac{n_i}{n_n} \right), \quad (1)$$

где  $n_x$  – максимальная частота вращения при холостом ходе и максимальной подаче топлива,  $c^{-1}$ ;

$n_n$  – номинальная частота вращения,  $c^{-1}$ ;

$n_i$  – текущее значение частоты вращения,  $c^{-1}$ .

Методика определения загрузки двигателя сводилась к следующему: бункер сеялки загружали семенами; в момент установившегося движения, примерно через 30 с после его начала, скорость движения составляла 9,8 км/ч. Величина этой скорости определялась тяговыми возможностями агрегата и агротехнически обоснованной скоростью движения на посев зерновых. Скорость движения агрегата фиксировали на индикаторе штатного электрического тахометра панели приборов трактора «Беларус 80.1». С целью сохранения рабочей скорости подача топлива топливным насосом поддерживалась постоянной в ходе движения трактора. Текущее значение частоты вращения коленчатого вала определяли по стрелочному указателю частоты вращения коленчатого вала двигателя штатного электрического тахометра. Текущее среднее значение частоты вращения коленчатого вала двигателя марки «Д-243» при рабочей скорости 9,8 км/ч составило  $26,67\text{с}^{-1}$ . Паспортное значение величины номинальной частоты вращения коленчатого вала –  $36,67\text{с}^{-1}$ , а максимальная частота этого показателя при холостом ходе и максимальной подачи топлива –  $39,67\text{с}$  [11]. Расчеты по выражению 1 свидетельствуют, что при загруженном бункере сеялки коэффициент загрузки двигателя в среднем составляет 0,7, что значительно меньше оптимальной величины. Известно, что при оптимальной загрузке двигателя значение коэффициента загрузки по мощности и крутящему моменту близки между собой, а текущее значение частоты вращения коленчатого вала незначительно отличается от номинальной частоты [9].

#### Результаты и их обсуждение

Тяговое сопротивление прицепной части одномашинного посевного агрегата включает тяговое сопротивление на перекатывание эксплуатационной массы сеялки и суммарное тяговое сопротивление дисковых сошников в момент высева семян и удобрений. Величину тягового сопротивления посевного агрегата определяют по формуле:

$$R_c = f(G_c + V\rho q\lambda) + R_{dc}n, \quad (2)$$

где  $R_c$  – тяговое сопротивление сеялки, кН;

$f$  – коэффициент сопротивления на перекатывание сеялки, 0,18;

$G_c$  – «сухой» вес сеялки, кН;

$V$  – объем бункера для семян,  $\text{м}^3$ ;

$\rho$  – объемная масса семян,  $\text{т}/\text{м}^3$ ;

$\lambda$  – коэффициент заполнения объема бункера;

$R_{dc}$  – тяговое сопротивление двухдискового сошника, кН;

$n$  – количество дисковых сошников, шт.

Тяговое сопротивление двухдискового сошника определяют по эмпирической зависимости [4]:

$$R_{dc} = 10^{-3}(2005,27h + 9,34v + 49,77), \quad (3)$$

где  $h$  – глубина заделки семян, м;

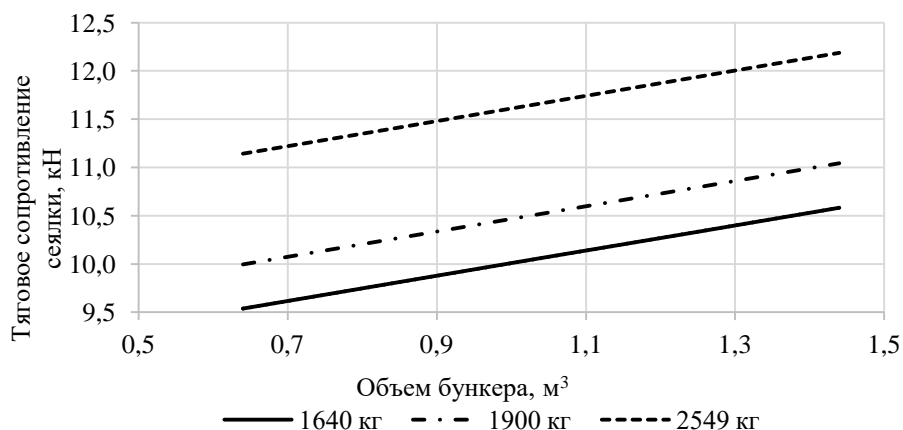
$v$  – рабочая скорость движения, м/с.

Расчеты по формуле 3 свидетельствуют, что величина тягового сопротивления двухдискового сошника при глубине заделки семян 0,05 м составляет 0,18 кН, а при глубине заделки 0,09 м – увеличивается до 0,26 кН. Из формулы 3 следует, что тяговое сопротивление дискового сошника зависит не только от глубины заделки семян, но и от рабочей скорости движения посевного агрегата.

Принимая во внимание выражение 2 и выражение 3, величина тягового сопротивления сеялки с количеством сошников  $n$  в составе одномашинного посевного агрегата составит:

$$R_c = f(G_c + V\lambda\rho q) + 10^{-3}(2005,27h + 9,34v + 49,77)n \quad (4)$$

На рисунке 1 представлена зависимость тягового сопротивления сеялки от объема бункера и «сухой» (конструктивной) массы сеялки.

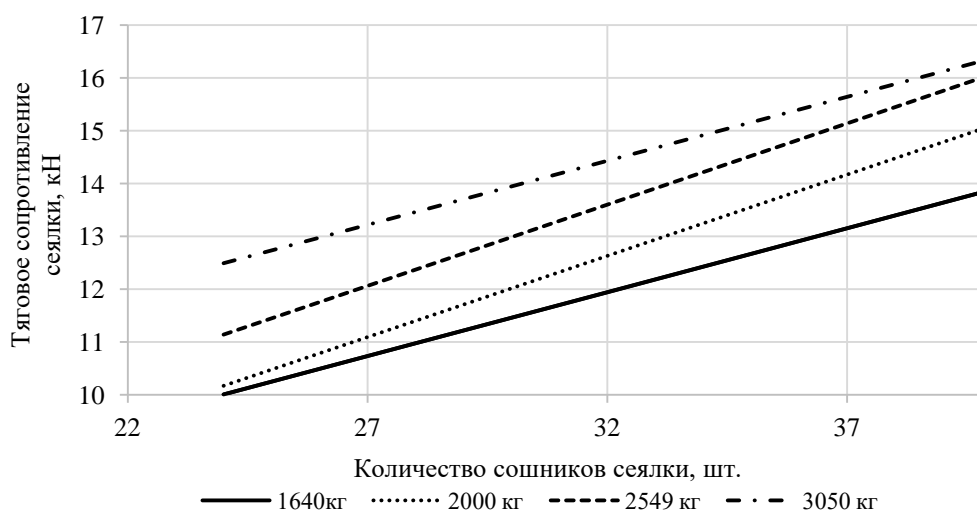


**Рисунок 1 – Зависимость тягового сопротивления сеялки от объема бункера для семян и «сухой» массы сеялки**

*Примечание.* Объемная масса семян – 0,78 т/м³, коэффициент сопротивления на перекатывание – 0,18, коэффициент заполнения бункера – 0,95, тяговое сопротивление двухдискового сошника – 0,242 кН при глубине заделки семян 0,08 м, количество сошников сеялки – 24.

Из рисунка 1 следует, что увеличение объема бункера сопровождается пропорциональным увеличением тягового сопротивления сеялки. В то же время повышение «сухой» массы сеялки от 1640 кг до 2549 кг при фиксированном объеме бункера сопровождается пропорциональным увеличением силы сопротивления на перекатывание. Увеличение этой составляющей приводит к увеличению тягового сопротивления прицепной части агрегата.

На рисунке 2 представлена зависимость тягового сопротивления сеялки от количества сошников.



**Рисунок 2 – Зависимость тягового сопротивления сеялки от количества сошников и «сухой» массы сеялки**

*Примечание.* Объемная масса семян – 0,78 т/м³, коэффициент сопротивления на перекатывание – 0,18, коэффициент заполнения бункера – 0,95, тяговое сопротивление двухдискового сошника – 0,242 кН при глубине заделки семян 0,08 м, количество сошников – 24.

Из рисунка 2 следует, что увеличение количества сошников сеялки увеличивает тяговое сопротивление агрегата. По мере увеличения «сухой» массы сеялки от 1640 кг до 3050 кг при фиксированном значении количества сошников пропорционально возрастает сила сопротивления на перекачивание и тяговое сопротивление прицепной части агрегата.

В таблице 1 представлены параметры зерновых сеялок с шириной междурядья 0,15 м для посева по традиционной технологии.

**Таблица 1 – Некоторые параметры зерновых сеялок с шириной междурядья 0,15 м**

Марка сеялки	Рабочая ширина, м	Рабочая скорость, км/ч	Масса сухой сеялки, кг	Количество сошников	Объем бункера, м <sup>3</sup>	Тяговое сопротивление сеялки, кН
«СУБМ-3,6»	3,6	8–12	1900	24	1,450	11,03
«СЗМ-3,6»	3,6	8–12	2050	24	0,762	10,40
«СЗП-3,6»	3,6	15	1640	24	0,638	9,70
«СЗ-4 Astra»	3,9	8–12	2260	26	0,830	11,34
«ЗС-4,2»	4,2	8–12	2700	28	1,000	12,82
«СЗ-5,4»	5,4	8–12	2549	36	0,680	14,06
«СЗФ-5400»	5,4	8–12	2770	36	1,000	14,87
«СЗУ-6»	6,0	15	2169	40	1,450	15,68
«Astra-6 СЗ-6»	6,0	8–12	3050	40	1,240	16,64
«ЗС-9»	9,0	8–12	5800	60	1,950	27,27

Из таблицы следует, что ряд зерновых сеялок, имеющих одинаковую рабочую ширину захвата, имеют разное значение «сухой» массы и разное значение вместимости бункера. Эти параметры сеялок, несмотря на равенство рабочей ширины захвата, создадут разную величину загрузки двигателя.

Согласно ГОСТ 27021-86 [12] значение номинальной силы тяги трактора, при допустимой величине буксования, определяется по выражению

$$P_{крн} = A m_э, \quad (5)$$

где  $P_{крн}$  – номинальная сила тяги трактора, кН;

$A$  – коэффициент, зависящий от массы трактора и типа ходовой части;

$m_э$  – эксплуатационная масса трактора, кг.

Для тракторов с колесной формулой 4К4 и массой, превышающей 2600 кг, значение коэффициента, зависящего от массы трактора и типа ходовой части, составляет  $A = 3,92 \times 10^{-3}$  [12].

Значения номинальной силы тяги трактора в зависимости от эксплуатационной массы представлены в таблице 2.

**Таблица 2 – Эксплуатационные параметры колесных тракторов тягового класса 1.4 и тягового класса 2**

Марка трактора	Эксплуатационная масса трактора, кг	Номинальная мощность двигателя, кВт	Номинальное значение силы тяги трактора, кН
«МТЗ-82.1»	4000	60,00	15,68
«МТЗ-920»	4100	60,00	16,07
«МТЗ-922»	4400	65,00	17,25
«МТЗ-952»	3920	66,00	15,37
«АГРОМАШ-85ТК»	3800	62,50	14,90
«ЛТЗ-60АБ»	3380	44,16	13,25
«ЮМЗ-6АКМ»	3800	44,10	14,90
«МТЗ-1221»	5300	96,00	20,78

Известно, что загрузки двигателя трактора оценивают по коэффициенту использования силы тяги на крюке. Расчетное значение этого коэффициента определяют по выражению [9]:

$$\eta = \frac{R_c}{P_{крн}} \quad (6)$$

Энергосберегающий режим движения трактора достигается в том случае, если выполняется условие  $\eta_{опт} \geq \eta$  [9].

Проведя преобразования из выражения 4 с учетом выражения 5 и выражения 6 количество сошников, при котором будет достигнута оптимальная нагрузка двигателя трактор, составит:

$$n = \frac{\eta_{опт} \cdot A m_э - f(G_c + V \rho \lambda q)}{10^{-3}(2005,27h + 9,34v + 49,77)} \quad (7)$$

Оптимальное значение коэффициента использования силы тяги на крюке при посеве зерновых должно составлять 0,9 [4]. Тогда, с учетом постоянных, необходимое число сошников, при котором будет обеспечена оптимальная нагрузка двигателя, составит

$$n = \frac{3,53 \cdot 10^{-3} m_э - f(G_c + V \rho \lambda q)}{10^{-3}(2005,27h + 9,34v + 49,77)} \quad (8)$$

Зная число сошников и ширину междурядья, можно определить рабочую ширину захвата посевного агрегата. На основе эмпирических зависимостей по известной методике определяют ориентировочное значение величины буксования и значение рабочей скорости движения посевного агрегата [9]. Эти параметры обеспечат энергосберегающий режим движения трактора в составе посевного агрегата.

### Выводы

Тяговое сопротивление сеялки зависит от «сухой» массы, вместимости бункера, суммарного тягового сопротивления сошников и коэффициента сопротивления на перекачивание сеялки. Величина тягового сопротивления сеялки изменяется в интервале от 9,7 кН до 27,27 кН.

Номинальное значение силы тяги на крюке, при допустимой величине буксования, для тракторов тягового класса 1.4 и тягового класса 2 находится в интервале от 13,25 кН до 20,78 кН.

Определена зависимость числа сошников от эксплуатационной массы трактора, тягового сопротивления сошника и силы сопротивления на перекачивание эксплуатационной массы сеялки.

Зерновые сеялки должны иметь блочно-модульный принцип составления. Этот принцип позволит на этапе комплектования агрегата по известной «сухой» массе сеялки, вместимости бункера, эксплуатационной массе трактора и тяговому сопротивлению дискового сошника определить их число.

### Литература

1. Припоров Е. В. Центробежный аппарат с подачей материала вдоль лопаток // Инновации в сельском хозяйстве. 2016. № 3(18). С. 243–247.
2. Припоров Е. В. Анализ факторов, влияющих на ширину полос технологической колеи. // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2016. № 5(61). С. 57–59.
3. Припоров Е. В. Технологическая колея и проблемы её создания // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. № 2(64). С. 82–84.
4. Шуруп А. В. Обзор машин для посева сельскохозяйственных культур. // Материалы Всероссийской научно-практической конференции посвященной памяти профессора Г.Б. Гальдина: «Роль почвы в сохранении устойчивости агроландшафтов». Пенза: ФГОУ ВПО «Пензенская государственная сельскохозяйственная академия», 2008. С. 101–106.
5. Крючин Н. П. Посевные машины. Учебное пособие для студентов высших учебных заведений. Самара: СГАУ, 2008. С. 184.



6. Прокопьев С. Н. Повышение эффективности посева зерновых совершенствованием сошниковой системы сеялки. Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. Улан-Удэ: ФГБОУ ВО «Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В. Р. Филиппова», 2004. 20 с.
7. Шуров А. В. Повышение качества посева семян зерновой сеялкой с разработкой высевающего аппарата. Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. Пенза: ФГБОУ ВО «Пензенский государственный аграрный университет», 2009. 18 с.
8. Сарсенов А. Е. Повышение эффективности зерновой сеялки путем совершенствования конструкции сошника для улучшения распределения семян в почве. Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. Саратов: ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова», 2017. 20 с.
9. Зангиев А. А., Шпилько А. В., Левшин А. Г. Эксплуатация машинно-тракторного парка М.: Колос С, 2008. С.27–30.
10. ГОСТ 26244-84. Обработка почвы предпосевная. Требования к качеству и методы определения. М.: Издательство стандартов, 1984. 12 с.
11. Руководство по эксплуатации трактора Беларус 80.1/80.2/82.1 ГСКБ-МТЗ. Минск: ОАО «МТЗ», 2008. 132 с.
12. ГОСТ 27021-86. Тракторы сельскохозяйственные и лесохозяйственные. Тяговые классы. М.: Издательство стандартов, 1986. 15 с.

### References

1. Priporov Ye. V. Centrifugal apparatus with material feeding along the blades // Innovations in agriculture. 2016. No. 3(18). P. 243–247.
2. Priporov Ye. V. Analysis of factors influencing the width of the technological wheel track// Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2016. No. 5(61). P. 57–59.
3. Priporov Ye. V. Technological track and the problems of its creation // Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2017. No. 2 (64). P. 82–84.
4. Shurov A. V. Review of machines for sowing agricultural crops // Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference dedicated to the memory of professor G. B. Galdin: “The role of soil in maintaining the stability of agricultural landscapes”. Penza: FSEI “Penza State Agricultural Academy”, 2008. P. 101–106.
5. Kryuchin N. P. Sowing machines. Manual for students. Samara: Samara state aerospace University, 2008. P. 184.
6. Prokopiev S. N. Improving the efficiency of grain sowing by improving the coulter system of the seeder. Abstract. diss. ... Cand. Sc. (Tech.). Ulan-Ude: FSBEI of HE “Buryat State Academy of Agriculture”, 2004. 20 p.
7. Shurov A. V. Improving the quality of seed sowing with a grain seeder with the development of a seeding device. Abstract. diss. ... Cand. Sc. (Tech.). Penza: FSBEI of HE “Penza State Agricultural University”, 2009. 18 p.
8. Sarsenov A. E. Improving the efficiency of the grain seeder by improving the design of the coulter to improve the distribution of seeds in the soil. Abstract. diss. ... Cand. Sc. (Tech.). Saratov: FSBEI of HE “Saratov State Vavilov Agrarian University”, 2017. 20 p.
9. Zangiev A. A., Shpilko A. V., Levshin A. G. Operation of the machine and tractor park Moscow: Kolos S, 2008. P. 27–30.
10. GOST 26244-84. Presowing soil treatment. Quality requirements and methods for determination. Moscow: Izdatelstvo standartov, 1984. 12p.
11. Tractor Belarus 80.1/80.2/82.1 GSKB-MTZ operating manual, Minsk: JSK “MTZ”, 2008. 132 p.
12. GOST 27021-86. Agricultural and forestry tractors. Towing classes. Moscow: Izdatelstvo standartov, 1986. 15 p.

UDC631.331.53

Priporov Ye. V.

### OPTIMAL LOADING OF THE TRACTOR ENGINE AS PART OF THE SOWING UNIT

*Summary. Modern grain drills are equipped with some devices that reduce the cost of adjusting and preparing the unit for operation. Fuel costs account for more than half of the total cost of sowing grain. The amount of fuel consumption for the operation of the sowing unit depends on the traction resistance and the mode of operation of the*

*tractor. The aim of the research was to specify the optimal loading of the engine of the tractor “Belarus 80.1” with grain seeder “ZS-4,2” when cultivating winter wheat and justify the traction resistance of the sowing unit that ensures optimal loading of the tractor engine. Monitoring the operation of the sowing unit in the Kuban educational and experimental farm of the Kuban State Agrarian University in autumn 2019 showed that the tractor engine is loaded less than 70 %. The analysis of grain seeders with a row spacing of 0.15 m using traditional technology was performed. The dependence of the traction resistance of the unit on the total traction resistance of the coulters, the operating weight of the seeder and the soil condition is established. The traction resistance of a grain drill, depending on the “dry” mass and the capacity of the hopper, varies in the range from 9.7 kN to 27.27 kN. As the weight of the seeder increases in the range from 1640 kg to 3050 kg, with a fixed number of coulters and a seed depth of 0.08 m, the traction resistance to rolling the sowing unit increases. The nominal value of the traction force on the hook, with the permissible amount of skidding, for tractors of traction class 1.4 and 2 is in the range from 13.25 kN to 20.78 kN. The dependence of the number of coulters on the operating weight of the tractor, the traction resistance of the coulters and the resistance force to rolling the operating weight of the seeder is obtained. The block-modular principle of drawing up the working width of the seeder during the completion of the sowing unit will allow, depending on the “dry” mass, the capacity of the hopper, and the operating weight of the tractor, selecting the number of coulters, at which the engine load factor will be close to the optimal one.*

**Keywords:** *traction resistance, disk opener, hopper capacity, “dry” mass, number of coulters, optimal loading, block-modular principle.*

Припоров Евгений Владимирович, кандидат технических наук, доцент кафедры эксплуатации МТП факультета механизации, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина»; 350044, Россия, г. Краснодар, ул. Калинина, 13; e-mail: eprporov@bk.ru.

Priporov Yevgeny Vladimirovich, Cand. Sc. (Tech.), associate professor of the Department of operation of the machine and tractor park, Faculty of mechanization, FSBEI HE “Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin”; 13, Kalinina str., Krasnodar, 350044, Russia; e-mail: eprporov@bk.ru.

*Дата поступления в редакцию – 05.02.2020.*

*Дата принятия к печати – 20.03.2020.*

DOI 10.33952/2542-0720-2020-1-21-91-99

УДК (636.085.51:631.589.2):621.492

Соколенко О. Н.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ДВИЖЕНИЯ ОДНОУРОВНЕВОЙ ГИДРОПОННОЙ УСТАНОВКИ С УПРУГИМИ НЕСУЩИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина»

**Реферат.** *Гидропонный зеленый корм (ГЗК) является высококачественной экологической продукцией, содержащей полный спектр требуемых питательных веществ и витаминов. В ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина» разработана одноуровневая гидропонная установка с упругими несущими элементами. Цель исследований – определение жесткостных и массовых комплексных соотношений, обеспечивающих устойчивую динамику движения всех элементов системы в процессе эксплуатации одноуровневой гидропонной установки. Задача изучения движения одноуровневой гидропонной установки с упругими несущими элементами сводится к приближенному определению закона движения пружинного маятника. При коэффициенте статического удлинения пружины  $\gamma = 1/3$ , вертикальные колебания пружинного маятника неустойчивы, то есть происходит перекачивание энергии колебаний, происходящих в вертикальной плоскости, в энергию поперечных колебаний. Для обеспечения устойчивой динамики движения всех элементов одноуровневой гидропонной установки, необходимо подобрать суммарную массу лотка с урожаем и направляющими, при которой жесткостно-массовое комплексное соотношение  $\frac{EF}{mg} \approx 3$  не будет выполняться. При выращивании ГЗК и репчатого лука на перо используют лотки с площадью вегетационной поверхности 1–1,5 м<sup>2</sup>, при этом для несущих упругих элементов гидропонной установки следует использовать стальную проволоку диаметром 2,0–2,5 мм с разрывным усилием не менее 2000 Н/мм<sup>2</sup>. При выращивании гидропонных зеленых овощных растений (ГЗОР), несущим элементом является стальная проволока диаметром 1 мм с разрывным усилием 1400–1600 Н/мм<sup>2</sup>. Для сохранения товарного вида выращиваемых ГЗОР, рекомендуемая площадь вегетационной поверхности лотка должна составлять не более 1 м<sup>2</sup>.*

**Ключевые слова:** *гидропонная установка, гидропонный зеленый корм (ГЗК), гидропонные зеленые овощные растения (ГЗОР), пружинный маятник, дифференциальные уравнения Лагранжа, динамика движения, несущие элементы, разрывное усилие.*

### Введение

В настоящее время перед работниками агропромышленного комплекса Российской Федерации поставлены задачи, касающиеся формирования новых стратегий и перспектив развития животноводческого и птицеводческого секторов. Это объясняется тем, что их конечная продукция занимает одно из основных мест в системе правильного и сбалансированного питательного рациона человека. Успех развития и внедрения в производство новых стратегий и технологий будет зависеть от количества и постоянства секторальных инвестиций, степени квалификации рабочих, но в первую очередь от технической оснащенности агропредприятий [1].

Кроме того, следует отметить, что на сегодняшний день не полностью раскрыт генетический запас (потенциал) сельскохозяйственных культур, животных и птиц, а это значительно снижает темпы развития соответствующих секторов [2].

Также не следует забывать о необходимой финансовой и технической помощи на государственном уровне для развития малых фермерских и подсобных хозяйств. Именно в процессе работы малых фермерских и подсобных хозяйств, довольно часто возникают перебои, связанные с закупкой и заготовлением нужного ассортимента кормов для животных и птиц, обеспечивающих сбалансированные питательные рационы. В связи с этим повышается интерес к развитию новых, прогрессивных технологий, позволяющих малым агропредприятиям самостоятельно производить сбалансированные питательные корма. Одним из таких методов является способ гидропонного выращивания зеленых кормов [1, 3, 4].

Гидропонный зеленый корм (ГЗК) – высококачественная экологическая продукция, содержащая полный спектр требуемых питательных веществ и витаминов. Кроме того, ГЗК хорошо поедают и усваивают животные и птицы в цельном и измельченном в состоянии [5].

В ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина» разработана одноуровневая гидропонная установка с упругими несущими элементами. В состав данной конструкции входит поверхность для вегетации растений в виде каркасного лотка с плоским перфорированным дном. На плоскую перфорированную поверхность укладывают пленку, на которую производят посев семенного материала (как правило, ячменя). К меньшим торцевым сторонам каркаса лотка приварены цилиндрические сектора (обычно это обрезки цилиндрической трубы длиной 70–80 мм и диаметром 20 мм), которые свободно устанавливаются на дуговые направляющие (радиус направляющих должен составлять 2–3 радиуса цилиндрического сектора). Дуговые направляющие при помощи упругих стержней крепят к перекрытию производственного помещения.

Работа описанной установки состоит в следующем. Под определенным углом (примерно 4° к горизонту) фиксируют лоток и равномерным слоем производят посев семян ячменя по всей поверхности для вегетации. С ростом урожая ГЗК будет происходить изменение координаты положения общего центра тяжести системы «лоток – урожай» в вертикальном и горизонтальном положениях [6].

По истечении семи–восьми суток высота растений достигает 30 см при ожидаемом урожае с 1 м<sup>2</sup> поверхности вегетации – около 50 кг зеленой массы [1, 3].

При ослаблении элементов, фиксирующих лоток, цилиндрические сектора перекачиваются без скольжения по дуговым направляющим. При повороте каркаса лотка поверхности вегетации на угол 90°, происходит обнуление скорости всей системы, и как следствие, плавная разгрузка зеленой массы. Каркас лотка возвращается в исходное положение под действием сил тяжести [6].

Практикой доказано, что одноуровневые (однорусные) гидропонные установки имеют ряд преимуществ по сравнению с многоуровневыми, особенно в процессе их эксплуатации на мелких фермерских и подсобных животноводческих хозяйствах. Такая конструктивная особенность установок данного типа будет оказывать положительное влияние, в первую очередь, на системы орошения (полива), освещения и закладки исходного материала (посева). Кроме того, при изготовлении установок такого типа ожидается экономия металла и материалов для каркасных частей лотка, а также несущих конструктивных элементов.

Крепление вегетационной поверхности (лотка) к перекрытию (потолку) осуществляют с помощью стальной проволоки диаметром 1–2 мм (разрывная сила 1600–2000 Н/мм<sup>2</sup>). Такая разрывная прочность при выращивании ГЗК в три–четыре раза выше максимальной статической прочности. Более того, при многоуровневом расположении лотков проволока такого диаметра практически не влияет на распространение световых потоков при облучении выращиваемых растений.

Крепление при помощи шарнира позволяет лотку с урожаем перемещаться в вертикальной плоскости. Лоток с упругими несущими элементами можно рассматривать как физический или математический маятник. Достаточно проблематично решить задачу динамики движения математического или физического маятника в окончательном виде. Приближенное решение этих задач с использованием функций Якоби рассмотрено в [7].

**Цель исследований** – определение жесткостных и массовых комплексных соотношений, обеспечивающих устойчивую динамику движения всех элементов системы в процессе эксплуатации одноуровневой гидропонной установки.

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

В работе [6] исследована динамика одноуровневой гидропонной установки с упруго-жесткими несущими элементами. В результате проведенных исследований установлено, что в процессе эксплуатации данной гидропонной установки с отмеченными конструктивными особенностями возможны возникновения колебательных процессов, распространяющихся на всю систему в целом. Кроме того, рассчитан критерий, позволяющий исключить явления параметрического резонанса в процессе работы рассматриваемой установки.

Проводимые исследования динамики движения одноуровневой установки носили теоретический характер. Исследовательский аппарат включал в себя использование правил и положений высшей математики, динамики колебательных процессов, а также теоретической механики материальной точки и системы материальных тел [7, 8].

Для определения комплексных массовых и жесткостных соотношений, обеспечивающих устойчивую динамику движения всех элементов гидропонной установки, необходимо произвести математическое описание рассматриваемой системы [9, 10]. Кроме того, следует отметить, что при проведении исследований по данной тематике, часто возникает проблема отсутствия базовой научной литературы в новых изданиях.

Гидропонную установку с упругими несущими элементами можно рассматривать как пружинный маятник. Вопросы, касающиеся динамики движения пружинного маятника, являются более сложными с точки зрения решения, чем вопросы динамики движения стандартных колебательных систем [11].

В зависимости от преследуемой цели решение данной задачи может быть сведено к приближенному определению закона движения пружинного маятника или исследованию устойчивости его движения. Анализ устойчивости движения позволяет определить сочетание геометрических, жесткостных и массовых параметров изучаемого объекта, приемлемых для практической реализации.

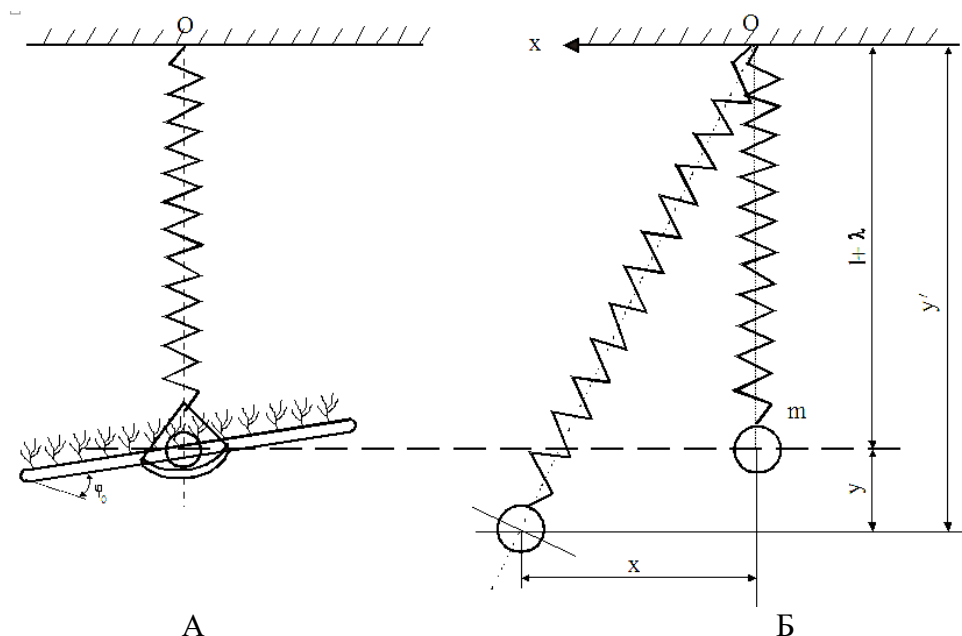
#### **Результаты и их обсуждение**

Рассмотрим движение одноуровневой гидропонной установки как пружинного маятника массы  $m$ , с эквивалентной жесткостью пружины  $C$  и недеформированной ее длины  $l$ . Начало координат модели и расчетной схемы установки помещено в точку подвеса маятника  $O$ , ось  $y$  направим вертикально вниз (рисунок 1). На рисунке (а) представлена механическая модель одноуровневой установки, на рисунке (б) – расчетная схема к ней.

Для вывода дифференциальных уравнений движения лотка использованы дифференциальные уравнения Лагранжа второго рода в форме

$$\begin{cases} \frac{d}{dt} \left( \frac{\partial L}{\partial \dot{x}} \right) - \frac{\partial L}{\partial x} = 0 \\ \frac{d}{dt} \left( \frac{\partial L}{\partial \dot{y}'} \right) - \frac{\partial L}{\partial y'} = 0 \end{cases} \quad (1)$$

где  $L = T - \Pi$  – функция Лагранжа;  
 $T$  и  $\Pi$  – кинематическая и потенциальная энергии системы соответственно;  
 $x, y'$  – обобщенные координаты;  
 $\dot{x}, \dot{y}'$  – обобщенные скорости.



**Рисунок – Схема к моделированию одноуровневой установки для выращивания ГЗК и ГЗОР**

*Примечание.* А – механическая модель; Б – расчетная модель.

Кинетическая и потенциальная энергии рассматриваемой системы соответственно равны

$$\begin{cases} T = \frac{m}{2}(\dot{x}^2 + \dot{y}'^2) \\ \Pi = \frac{1}{2}C \left[ (x^2 + y'^2) - 2l\sqrt{x^2 + y'^2} \right] mgy' \end{cases} \quad (2)$$

Уравнения в форме Лагранжа второго рода [8] для рассматриваемой системы имеют вид

$$\begin{cases} m\ddot{x} + Cx - \frac{Clx}{\sqrt{x^2 + y'^2}} = 0 \\ m\ddot{y}' + Cy' - \frac{cly'}{\sqrt{x^2 + y'^2}} = 0 \end{cases} \quad (3)$$

Для дальнейших выводов необходимо ввести динамическую составляющую  $y$ , с учетом того, что  $y' = l + \lambda + y$ ,  $\lambda = mg/C$  – статическое удлинение пружины. С учетом введенной динамической составляющей  $y$ , система уравнений (3) имеет вид:

$$\begin{cases} m\ddot{x} + Cx - \frac{Clx}{\sqrt{x^2 + (l + \lambda + y)^2}} = 0 \\ m\ddot{y}' + Cy' - \frac{Cl(l + \lambda + y)}{\sqrt{x^2 + (l + \lambda + y)^2}} = 0 \end{cases} \quad (4)$$

Система уравнений (4) предполагает решение в виде

$$x = 0, y = y_0 \times \cos\omega t, \text{ где } \omega^2 = C/m, y = \text{const}. \quad (5)$$

Согласно исследовательским методикам В. М. Старжинского [9], исследуемую систему необходимо рассматривать как находящуюся в возмущенном движении:

$$x = \xi, y = y_0 \cos\omega t + \eta. \quad (6)$$

С учетом уравнений (6), могут быть получены вариации в первом приближении в виде:

$$\begin{cases} \frac{d^2\xi}{dt^2} + \frac{\gamma + \varepsilon \cos\omega t}{1 + \gamma + \varepsilon \cos\omega t} \cdot \xi = 0 \\ \frac{d^2\eta}{dt^2} + \eta = 0 \end{cases}, \quad (7)$$

где  $\gamma = \lambda/l$  – коэффициент статического удлинения пружины;

$\varepsilon = y_0/l$  – относительная амплитуда колебаний системы.

Решение первого уравнения системы (7) при  $\xi = 0$  ведет к неустойчивости исследуемого движения ( $x = 0, y = y_0 \times \cos\omega t$ ) рассматриваемой колеблющейся упругой системы [10, 11]. Первое уравнение системы (7) может быть представлено с точностью до малых второго порядка в виде:

$$\frac{d^2\xi}{dt^2} + [f_0(\gamma) + \varepsilon f_1(\omega t, \gamma) + 0(\varepsilon^2)] \times \xi = 0, \quad (8)$$

где  $f_0(\gamma) = \gamma/1 + \gamma, f_1(\omega t, \gamma) = \frac{1}{(1 + \gamma)^2} \times \cos\omega t$ .

Собственная частота системы, находящейся в невозмущенном состоянии (при  $\varepsilon = 0$ ), может быть рассчитана как:

$$\omega_1 = \sqrt{f_0(\gamma)} = \sqrt{\frac{\gamma}{1 + \gamma}}. \quad (9)$$

Критические значения  $\gamma$  могут быть определены из уравнений:

$2\omega_1 = K$ , при ( $K = 1, 2, 3, \dots, 7$ ),  $\gamma = K^2(4 - K^2)^{-1}$ , где для  $K = 1$ , получено  $\gamma = 1/3$ .

Из неравенства  $\frac{1}{1 + \gamma} \neq 0$  следует, что этому значению отвечает широкая область динамической неустойчивости.

Таким образом, при коэффициенте  $\gamma = mg/Cl \approx 1/3$  вертикальные колебания пружинного маятника неустойчивы, то есть происходит перекачивание энергии колебаний, происходящих в вертикальной плоскости, в энергию поперечных колебаний. Области неустойчивости в плоскости  $\varepsilon\gamma$  (вертикальная плоскость) могут примыкать к оси  $\varepsilon = 0$ , то есть к тем точкам  $\gamma_K$ , которые удовлетворяют уравнению:

$$\sqrt{\frac{\gamma_k}{1+\gamma_k}} = K \quad (10)$$

или:

$$\gamma_k = \frac{K^2}{4-K^2}, (K = 1, 2, 3, \dots 7) . \quad (11)$$

Тангенс угла наклона касательных определяется по формуле:

$$\left. \pm \frac{(1+\gamma)^2}{2(1+\gamma)^2} \right]_{\gamma=\gamma_1} = \pm \frac{1}{2}. \quad (12)$$

Таким образом, окончательно может быть записано в первом приближении, следующее неравенство:

$$\frac{1}{3} - \frac{1}{2}\varepsilon + \dots \gamma < \frac{1}{3} + \frac{1}{2}\varepsilon + \dots . \quad (13)$$

Необходимо пояснить практическую реализацию полученного в первом приближении неравенства (13). Потеря устойчивости вертикальных колебаний наступает при следующих соотношениях:

$$\gamma = \frac{mg}{cl} \approx \frac{1}{3} \text{ или } \frac{cl}{mg} \approx 3. \quad (14)$$

Если учесть, что  $C = \frac{EF}{l}$ , то соотношения (14) примут вид:

$$\frac{EF}{mg} \approx 3, \quad (15)$$

где  $E = 1,2 \cdot 10^7$ , Н/мм<sup>2</sup>;

$F$  – площадь сечения стальной проволоки (справочная величина).

Из соотношения 15 следует, что для того, чтобы в процессе эксплуатации одноуровневой гидропонной установки наблюдалась устойчивая динамика движения всех элементов системы, необходимо подобрать суммарную массу лотка с урожаем и направляющими, при которой это соотношение не будет выполняться.

При выращивании ГЗК и репчатого лука на перо рекомендовано использовать лотки с площадью вегетационной поверхности 1,0–1,5 м<sup>2</sup>, при этом для несущих упругих элементов гидропонной установки следует использовать стальную проволоку диаметром 2,0–2,5 мм с разрывным усилием не менее 2000 Н/мм<sup>2</sup>.

Что касается выращивания гидропонных зеленых овощных растений (ГЗОР), а именно укропа, петрушки и салата, то несущим элементом может служить стальная проволока диаметром 1 мм с разрывным усилием 1400–1600 Н/мм<sup>2</sup>. Кроме того, для выращивания указанных культур рекомендуемая площадь вегетационной поверхности лотка должна составлять не более 1 м<sup>2</sup>. Данное ограничение площади вегетационной поверхности продиктовано необходимостью сохранения товарного вида выращиваемой продукции.

Предложенная конструкция гидропонной установки может быть использована не только на предприятиях агропромышленного комплекса. С точки зрения правильного и полноценного питания для людей, пребывающих



продолжительное время в научно-исследовательских экспедициях за полярным кругом, или работающих в сфере мореплавания, крайне необходимы витаминизированные добавки в виде свежесобраных зеленых растений. В частности установки с рассматриваемыми конструктивными особенностями могут быть использованы на промысловых и торговых судах дальнего плавания, для выращивания зеленого лука и некоторых видов ГЗОР. При выращивании зеленого лука следует использовать проволоку с разрывным усилием до  $1200 \text{ Н/мм}^2$  и лотки с вегетационной площадью  $0,6\text{--}1,0 \text{ м}^2$ . Такие же установки можно применять при выращивании других видов ГЗОР.

### Выводы

Решение задачи исследования движения одноуровневой гидропонной установки с упругими несущими элементами может быть сведено к приближенному определению закона движения пружинного маятника.

При коэффициенте статического удлинения пружины  $\gamma = 1/3$  вертикальные колебания пружинного маятника неустойчивы, то есть происходит перекачивание энергии колебаний, происходящих в вертикальной плоскости, в энергию поперечных колебаний.

Для обеспечения устойчивой динамики движения всех элементов системы в процессе эксплуатации одноуровневой гидропонной установки необходимо подобрать суммарную массу лотка с урожаем и направляющими, при которой соотношение  $\frac{EF}{mg} \approx 3$  не будет выполняться.

При выращивании ГЗК и репчатого лука на перо рекомендовано использовать лотки с площадью вегетационной поверхности  $1,0\text{--}1,5 \text{ м}^2$ , при этом для несущих упругих элементов гидропонной установки следует использовать стальную проволоку диаметром  $2,0\text{--}2,5 \text{ мм}$  с разрывным усилием не менее  $2000 \text{ Н/мм}^2$ .

При выращивании ГЗОР несущими элементами может служить стальная проволока диаметром  $1 \text{ мм}$  с разрывным усилием  $1400\text{--}1600 \text{ Н/мм}^2$ . Для сохранения товарного вида выращиваемых ГЗОР рекомендуемая площадь вегетационной поверхности лотка должна составлять не более  $1 \text{ м}^2$ .

Установки с предложенными конструктивными особенностями могут быть использованы на промысловых и торговых судах дальнего плавания, для выращивания зеленого лука и некоторых видов ГЗОР. В процессе выращивания следует использовать проволоку с разрывным усилием до  $1200 \text{ Н/мм}^2$  и лотки с вегетационной площадью  $0,6\text{--}1,0 \text{ м}^2$ .

### Литература

1. Соколенко О. Н. Обоснование параметров работы и конструкции установки для выращивания зеленых кормов гидропонным способом. Дисс. ... канд. техн. наук. Краснодар: ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина», 2015. С. 6–10.
2. Курасов В. С., Соколенко О. Н. К вопросу обоснования конструктивных параметров механической установки с упруго-жесткими несущими элементами // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского ГАУ. 2016. № 4 (118). С. 1037–1049.
3. Кругляков Ю. А. Оборудование для непрерывного выращивания зеленого корма гидропонным способом. М.: Агропромиздат, 1991. С. 5–24.
4. Васильев А. А., Москаленко С. П., Сивохина Л. А., Коробов А. П., Кузнецов М. Ю. Эффективность использования гидропонного зеленого корма в рационах поросят-отъемышей // Международная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы сельскохозяйственных наук в России и за рубежом». № 2. Новосибирск: ИНЦРОН, 2015. С. 34–45.
5. Сенько А. Я., Кудинов В. В., Корнилова В. А. Химический состав в зависимости от скармливания ГЗК // Сборник научных трудов «Актуальные проблемы и перспективы развития животноводства». Самара: ГСХА, 2002. С. 101–103.

6. Соколенко О. Н. Количественные показатели химического состава гидропонного зеленого корма // Рыбное хозяйство Украины. 2007. Вып. 7. С. 94–96.
7. Тарг С. М. Краткий курс теоретической механики. М.: Высшая школа, 2010. С. 232–250.
8. Барбашова Т. Ф. Кугушев Е. И., Попов Т. В. Теоретическая механика в задачах. Лагранжева механика. Гамильтонова механика. М.: МЦНМО, 2013. С. 7–186.
9. Ланда П. С. Нелинейные колебания и волны. М.: Наука, Физматлит, 2019. С. 153–169.
10. Ананьев И. В. Справочник по расчету собственных колебаний упругих систем. М.: ОГИЗ Гостехиздат, 1946. С. 124–247.
11. Бутенин Н. В. Введение в теорию нелинейных колебаний. М.: Наука, 1987. С. 200–218.

### Reference

1. Sokolenko O. N. Justification of the operation parameters and design of the installation for growing green fodder in the hydroponic way. Diss. ... Cand. Sc. (Tech.). Krasnodar, FSBEI HE “Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin”, 2015. P. 6–10.
2. Kurasov V. S., Sokolenko O. N. To the question of substantiating the design parameters of a mechanical installation with elastic-rigid load-bearing elements // Polytopical Network Electronic Scientific Journal of the Kuban State Agrarian University. 2016. No. 4 (118). P. 1037–1049.
3. Kruglyakov Y. A. Equipment for the continuous cultivation of green fodder in the hydroponic way. Moscow: Agropromizdat, 1991. P. 5–24.
4. Vasiliev A. A., Moskalenko S. P., Sivokhina L. A., Korobov A. P., Kuznetsov M. Yu. Efficiency of using hydroponic green fodder in diets of weaned piglets // International Scientific and Practical Conference “Actual problems of agricultural sciences in Russia and abroad”. Novosibirsk, Innovative Development Center of Education and Science (IDCES) No. 2. 2015. P. 34–45.
5. Senko A.Ya., Kudinov V.V., Kornilova V.A. Chemical composition depending on the feeding of HGF // Collection of scientific papers “Actual problems and prospects for the development of animal husbandry”. Samara: State Agricultural Academy, 2002. P. 101–103.
6. Sokolenko O. N. On the issue of the motion dynamics of a single-tier hydroponic installation with elastic-rigid load-bearing elements // Vestnik AIC of Stavropol. 2017. No. 2 (26). P.40–43.
7. Targ S. M. Short course of theoretical mechanics. Moscow: Vysshaya Shkola, 2010. P. 232–250.
8. Barbashova T. F. Kugushev E. I., Popov T. V. Theoretical mechanics in tasks. Lagrangian mechanics. Hamiltonian mechanics. Moscow: MCCME (Moscow Center for Continuous Mathematical Education), 2013. P. 7–186.
9. Landa P. S. Nonlinear vibrations and waves. Moscow: Nauka, Fizmatlit, 2019. P. 153–169.
10. Ananyev I. V. Handbook for calculating the natural vibrations of elastic systems. Moscow: Gostekhizdat, 1946. P. 124–247.
11. Butenin N. V. Introduction to the theory of non-linear oscillations. Moscow: Nauka, 1987. P. 200–218.

UDC (636.085.51:631.589.2):621.492

Sokolenko O. N.

### RESEARCH OF DYNAMICS OF MOTION OF A SINGLE-LEVEL HYDROPONIC INSTALLATION WITH ELASTIC LOAD-BEARING ELEMENTS

*Summary.* Hydroponic green fodder (HGF) is a high-quality ecological product containing the full range of required nutrients and vitamins. A single-level hydroponic installation with elastic load-bearing elements was developed in FSBEI HE Kuban SAU “Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin”. The purpose of the research is to determine the mass-and-stiffness complex ratios that provide stable motion dynamics of all elements of the system during operation of a single-level hydroponic installation. The task of studying the motion of a single-level hydroponic installation with elastic load-bearing elements is confined to an approximate determination of the law of motion of a spring pendulum. With the coefficient of static elongation of the spring  $\gamma = 1/3$ , the spring pendulum heaving oscillations are unstable, i.e. the energy of vibrations occurring in the vertical plane is pumped into the energy of transversal oscillations. To ensure stable dynamics of the movement of all elements of a single-level hydroponic installation, it is necessary to select the total mass of the tray with a crop and guides, at which the mass-

and-stiffness complex ratio  $\frac{EF}{mg} \approx 3$  will not be satisfied. When growing HGF and sprouting onions, trays with a vegetation surface area of 1.0–1.5 m<sup>2</sup> are used, while for supporting elastic elements of a hydroponic installation, a steel wire with a diameter of 2.0–2.5 mm with a tensile strength of at least 2000 N/mm<sup>2</sup> should be used. When growing hydroponic green vegetable plants (HGVP), the load-bearing element is the steel wire with a diameter of 1 mm with a tensile strength of 1400–1600 N/mm<sup>2</sup>. To preserve the marketable state of the grown HGVP, the recommended vegetation surface area of the tray should be not more than 1 m<sup>2</sup>.

**Keywords:** hydroponic installation, hydroponic green fodder (HGF), hydroponic green vegetable plants (HGVP), spring pendulum, Lagrange differential equations, motion dynamics, load-bearing elements, tensile strength.

Соколенко Оксана Николаевна, кандидат технических наук, доцент кафедры тракторов, автомобилей и технической механики, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина»; 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13; e-mail: sokolenko.oksana@mail.ru.

Sokolenko Oksana Nikolaevna, Candidate of Sc. (Tech.), assistant professor of the Department of Tractors, automobiles and technical mechanics, FSBEI HE “Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin”; 13, Kalinina str., Krasnodar, 350044, Russia; e-mail: sokolenko.oksana@mail.ru.

*Дата поступления в редакцию – 27.01.2020.*

*Дата принятия к печати – 10.03.2020.*

**ЗНАЧЕНИЕ САФЛОРА КРАСИЛЬНОГО (*CARTHAMUS TINCTORIUS* L.) И  
ОБОСНОВАНИЕ АКТУАЛЬНОСТИ ИССЛЕДОВАНИЙ С НИМ В  
ЦЕНТРАЛЬНОЙ СТЕПИ КРЫМА (ОБЗОР)**

ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»

**Реферат.** Сафлор красильный (*Carthamus tinctorius* L.) – масличное растение семейства Астровых. Цель настоящего обзора – раскрыть основные сферы применения *Carthamus tinctorius* L. и обосновать актуальность исследований с этой культурой в Центральной степи Крыма. Масло сафлора имеет множество применений в пищевой, технической, косметической, фармацевтической промышленности, медицине, кормопроизводстве, аквакультуре. Кроме того, сафлор используют как сидеральную, страховую, медоносную, фитомелиоративную и декоративную культуру. Засуха и засоление – два наиболее серьезных абиотических стресса, способных, если не погубить растение, то значительно снизить его продуктивность. Высокая засухоустойчивость и исключительная жаростойкость ставят сафлор в ряд культур, которые возможно возделывать в районах с резкоконтинентальным климатом, а нетребовательность к почвам и возможность культивирования как галофитного растения, предполагает возможное выращивание сафлора в условиях засоленной среды. Внедрение в полеводство новых видов растений всегда требует изучения их технологий выращивания с учетом сортовых особенностей, анализа урожайности в зависимости от погодных условий и характеристики формирования качественного масличного сырья. В связи с аридизацией климата и нехваткой поливной воды в Крыму изучение *Carthamus tinctorius* в зоне Центральной степи является актуальным. В литературе имеется информация, что в Предгорье Крыма сафлор при действии азотных удобрений формирует урожайность до 1,44 т/га, однако эта зона характеризуется более благоприятным режимом увлажнения, чем степной регион. В Центральной степи сафлор красильный не изучали. Кроме того, нет информации о качестве выращенного в Крыму сырья. Наличие земель северного Присивашья, представленной сильнозасоленными солончаковыми солонцами в комплексе с засоленными, несолонцеватыми и солонцеватыми лугово-каштановыми почвами еще раз подчеркивают актуальность опытов с сафлором красильным. Продвижение этой культуры на полуострове будет способствовать увеличению биоразнообразия в растениеводстве и возможности получения ценного растительного масла собственного производства на различные цели народного хозяйства. Осознание полезности этой культуры и разработка междисциплинарных исследовательских проектов, связанных с вопросами агрономии, животноводства, биоэнергетики, изучения фармацевтических препаратов и клинических испытаний для выяснения эффективности продуктов из крымского сафлора и более полной реализации его возможностей в условиях дефицита водных ресурсов Крыма, станут успешной платформой для развития нашего региона.

**Ключевые слова:** сафлор красильный (*Carthamus tinctorius* L.), народнохозяйственное значение, засухоустойчивость, регион возделывания.

**Введение**

В настоящее время ежегодное мировое производство масличных культур составляет порядка 450 млн т/год, но этот показатель, согласно прогнозам, вырастет до 500 млн т к концу 2020 г. [1]. Тем не менее, предложение не покрывает спрос,

поскольку население мира растет: сегодняшняя численность людей на планете в два раза больше, чем в 1960 г. [2].

По мнению Beaudoin F. с соавторами, эта ситуация осложняется как изменением климата (процессами глобального потепления), так и мировыми колебаниями спроса на конкретное растительное масло [1]. Кроме того, по-прежнему существует дилемма ограниченного количества земли, пригодной для ведения сельского хозяйства, с обсуждением вопроса о том, как лучше всего использовать этот ресурс – для выращивания сельскохозяйственных культур с целью получения пищевой продукции, или сырья для биотоплива («продовольствие против топлива») [3–5].

Наконец, в литературных источниках часто отмечают, что 75 % производства растительных масел в мире приходится только на четыре культуры: масличную пальму, сою, рапс и подсолнечник, что приводит не только к повышению уязвимости этих растений к внезапным вспышкам болезней, но и в целом к обеднению рациона человека [1, 6, 7].

Все эти факторы говорят о необходимости более эффективного производства масличных культур и расширения их ассортимента с учетом природно-ресурсного потенциала отдельных регионов.

По мнению современных исследователей, сафлор красильный (*Carthamus tinctorius* L.) является недооцененным масличным растением семейства Астровых (Asteraceae) [6, 8–14]. Он занимает лишь восьмое место по площадям в мире после сои, арахиса, рапса, подсолнечника, кунжута, льна и клещевины.

Sangam L. D. с соавторами объясняет это меньшими урожаями, которые формирует сафлор в сравнении и другими масличными: так, в мире средняя урожайность *C. tinctorius* составляет 0,72 т/га, сои – 2,34 т/га, рапса – 1,51 т/га, арахиса – 1,37 т/га, подсолнечника – 1,14 т/га [14]. В то же время, исследователи предполагают, что со временем площади под сафлором будут расширены, поскольку ученые вынуждены будут искать масличные культуры, толерантные к изменению экологических условий в связи с глобальным потеплением и ограничением оросительной воды.

Вопросы возможного применения, распространения и величины собираемых урожаев культуры *C. tinctorius* в различных странах были частично раскрыты в современных обзорах иностранных исследователей [1, 2, 9, 15]. Однако при поиске подобных отечественных публикаций в научно-электронной библиотеке (e-library.ru), несмотря на значительное число работ, посвященных сафлору, найдена только одна статья, удовлетворяющая критерию поиска – «сафлор красильный, обзор литературы», причем она посвящена лекарственному направлению его использования [16].

Таким образом, цель настоящего обзора – раскрыть основные сферы применения *C. tinctorius* и обосновать актуальность исследований с этой культурой в Центральной степи Крыма.

Стоит отметить, что в литературе существует много местных названий сафлора красильного: «Bastard saffrons» («бастард шафранов») [17], «Compositae safflower», «Huaisa fflower», «Chuansa fflower», «Dusa fflower» [18] называют его в Китае; «Крокос» – в Украине и России [12]; «Golrang» – Иране [19]; «Махсаль» – Туркменистане [12]; «Kusum» – Индии и Пакистане [20]; «Alazor» или «Azafranomí» – Испании, «Beni Bana» – Японии [21]; «Šafranika» – Хорватии, «Požlt» – Словакии, «Alazor», «Alazorbastardo», «Semillade cártamo» – Испании [22]; «Lecarthame» – Франции [23]; «Гули махсар» – Узбекистане [16].

Сафлор красильный – древняя сельскохозяйственная культура. Dajue L. с соавтором, ссылаясь на ранние исследования Weiss, сообщает, что самые ранние находки семян сафлора и сохранившиеся остатки гирлянд его цветов были найдены во время раскопок египетских мумий и насчитывают четыре тысячелетия. По

предположению ученых, в Египте краситель из сафлора использовали для приготовления специальной мази для религиозных церемоний погребения, а в Китае и Индии он был особенно важен для ковроткачества. Намного позже (к XVIII в.) краску на основе сафлора уже широко использовали в Италии, Франции и Великобритании, чтобы добиться приятного цвета сыра и колбасных изделий [17].

Водорастворимый желтый краситель картамидин и водонерастворимое вещество красный краситель картамин, получаемые из цветков сафлора, и сегодня используют как источники натуральных пищевых красителей в России [24–27] и зарубежом [28–31].

Сафлор – ценное сырье для масложировой промышленности. Его семя содержит от 18 до 39 % масла (в ядре 50–60 %) и до 12 % белка [32].

По утверждению Khalid N. с соавторами, эта культура, по сравнению с другими масличными обладает тремя положительными отличиями, благодаря которым имеет большие перспективы в пищевой промышленности: высокое содержание линолевой кислоты (до 82 %), нейтральный вкус и приятный аромат, высокая стабильность масла при повышенной температуре [33]. Дополнительное преимущество – низкая себестоимость его производства, что может служить альтернативным вариантом для тех, кто не может позволить себе купить другие функциональные масла; сафлоровое масло по своей пищевой ценности не уступает оливковому, горчичному и подсолнечному [13, 34, 35].

Для улучшения питательности растительных масел их смешивают с сафлоровым [17]. Кроме того, масло *C. tinctorius* стабильно при низкой температуре, что делает его пригодным для приготовления охлажденных пищевых продуктов и гидрогенизации маргарина, спреда и майонеза [33]; в опытах Kleingarten L. использование такого масла ограничивало миграцию влаги в продуктах питания, что обеспечивало повышение их срока хранения без применения консервантов [36]; а благодаря разработке Камышевой И. М. с соавтором, позволяющей получать белковый изолят сафлора, содержащий более 90 % белка, его рекомендовано использовать при приготовлении салатных соусов, мясных продуктов, выпечки, мороженого и десертов [37]. Применять сафлоровый жмых и шрот для повышения пищевой и биологической ценности продуктов питания также советует Тупольских Т. И. с соавторами [38].

Исследования Куценковой В. С. с соавторами, позволили доказать целесообразность использования сафлора красильного в хлебопекарной промышленности [39–41]. На основании изучения органолептических, реологических, функциональных и физико-химических свойств разработаны рецептура и технологии хлебобулочных изделий с добавлением измельченных семян сафлора, что позволяет расширить их ассортимент и обогатить недостающими нутриентами питания.

Сухие листья сафлора также можно использовать в пищевой промышленности для приготовления чайного напитка [42–47], а в Индии, Пакистане и Бирме свежие молодые листья едят вареными как овощной гарнир с карри [17].

Другим, и не менее значимым направлением использования сафлора красильного является применение его масла и надземной части растений в медицине. Как в отечественной [16, 48–51], так и в иностранной литературе [21, 52–58], показано, что масло, семена и цветки *C. tinctorius* с высокой фармакологической активностью и антиоксидантными свойствами, можно использовать в качестве противовоспалительного, обезболивающего, противодиабетического, гепатопротекторного и антигиперлипидемического средств.

Особую популярность сафлор приобрел в Китае, где его используют в качестве лекарственного средства более 2100 лет, с тех пор, как он был ввезен известным путешественником Чжан Цяном. В обзоре Ту Яа. с соавторами собрана весомая

информация об использовании в современной традиционной китайской медицине этого растения при лечении широкого спектра заболеваний, таких как ишемическая болезнь сердца, стенокардия, инсульт и гипертония, гинекологические проблемы, рак [59].

Эти свойства сафлора обусловили исследование возможности его использования для производства функциональных продуктов питания [60]. Функциональные продукты питания – это «продукты питания натурального или искусственного происхождения (не БАДы), обладающие приятным вкусом и выраженным оздоровительным эффектом для человека, удобные в использовании, предназначенные для каждодневного систематического применения и прошедшие длительные клинические испытания, имеющие подтвержденную медицинскую документацию» [61].

В то же время имеется информация о применении сафлорового масла в качестве биологически активной добавки [62], а также для производства лецитинов с повышенным содержанием функциональных групп фосфолипидов из фосфатидного концентрата, которые соответствуют требованиям ГОСТ Р 53970-2010 «Добавки пищевые. Лецитины Е 322. Общие технические условия» [63].

Масло *C. tinctorius* используют в лакокрасочной промышленности для производства красок, линолеума, алкидных смол и покрытий [8, 16]. Тем не менее, по мнению Dajue L. с соавтором, промышленное использование сафлорового масла можно расширить из-за актуальных в последнее время в мире экологических проблем и набирающего обороты модного тренда на «экологичность» в сфере строительных материалов.

Относительно новым направлением использования культуры является возможность применения для приготовления биоразлагаемых пленок [64]. Такие материалы на основе полисахаридов являются экологически чистыми, поскольку могут разлагаться на безвредные для природы вещества.

По убеждению Матеева Е. З. с соавторами, сафлоровое масло как биологически активный компонент целесообразно использовать при производстве косметических и моющих средств, поскольку оно обладает успокаивающим эффектом и стимулирует регенерацию кожных покровов [65]. В качестве доказательства авторы приводят пример широкого использования культуры в мыловарении Таиланда и Казахстана и добавляют, что такие средства будут полностью натуральными и называют сафлор «незаменимым натуральным компонентом в индустрии красоты».

Кантуреева А. М. с соавторами добились получения экстракта из сафлора, который дает возможность использования его в производстве косметических средств, в частности кремов, обладающих фотозащитными свойствами [66].

В связи с озабоченностью по поводу сохранения окружающей среды, много стран и международных организаций продвигают проекты по получению биотоплива из сельскохозяйственных культур. Основными преимуществами использования биодизельного топлива названы нулевая чистая эмиссия CO<sub>2</sub>, биоразлагаемость, безопасность хранения, эффективное сгорание, низкое содержание серы, а также создание новых рабочих мест и значительный вклад в собственную экономику отдельного государства [67].

В этом отношении сафлор красильный заинтересовал ученых, о чем свидетельствуют множество публикаций российских [68–73] и иностранных исследователей [74–80]. Обобщение и систематизация этого обширного экспериментального материала позволило сделать вывод о том, что сафлоровое масло возможно использовать в качестве биотоплива, низшая теплота его сгорания равна 36,978 МДж/кг; плотность – 913 кг/м<sup>3</sup>; кинематическая вязкость – 85,6 мм<sup>2</sup>/с, а основной недостаток сафлорового биодизеля – низкая стабильность хранения.

Шрот сафлора, оставшийся после извлечения масла, используют для кормления животных. В современных исследованиях Ferreira M. S. с соавторами установлено, что добавление его в корм ягнятам способствует усилению цвета мяса при одновременном увеличении в нем линолевой кислоты [81]. Поскольку в последнее время появился новый тренд в странах Европы на высококачественное красное мясо баранины с высоким содержанием полиненасыщенных жирных кислот, изучение сафлора красильного в этом отношении имеет большие перспективы.

Во многих научных статьях рассмотрены возможности использования сафлора в виде зерна, муки, шрота, жмыха и силоса в молочном, мясном скотоводстве, мелком жвачном животноводстве и птицеводстве [82–89]. При этом описаны положительные влияния таких рационов: увеличение плодовитости овец, рост и повышение холодоустойчивости телят, определенные привесы при откорме ягнят и козлят, повышенное содержание жирных кислот в яйцах, профилактика жирового перерождения печени у кур-несушек, повышение среднесуточного удоя коров.

Как кормовую культуру сафлор можно использовать в чистом виде и смесях с другими культурами на зеленый корм [8, 16, 90]. Животные хорошо поедают зеленую массу сафлора без колючек (нешипковые сорта). Урожайность зеленой массы при укосе в фазе «бутонизация–созревание» достигает 30 т/га, сена – 10 т/га. Макуха из семян сафлора содержит 6–7 % масла, 24–25 % крахмала, 19 % белка из нешротированных семян и 38 % – из очищенного сырья. Хотя макуха и горьковатая на вкус, животные быстро к ней привыкают и хорошо едят. В 100 кг макухи содержится 50 кормовых единиц и 13,3 кг переваримого протеина.

Сами семена сафлора используют в качестве корма для птиц, особенно для членов семейства попугаевых и голубиных [17, 91]. Стоит отметить, что для этой цели предпочтение следует отдавать семенам белого цвета.

В иностранной литературе имеются рекомендации применения *C. tinctorius* в аквакультуре при выращивании карпа [92], радужной форели [93], нильской тилапии [94], пресноводных креветок [95].

Сафлор умеренно толерантен к засолению [8], и исследования, проведенные в России [96–98] и за рубежом [99–101] подтверждают его фитомелиоративную роль. Кроме того, он улучшает экологическую природную среду благодаря уменьшению загрязнений почвы продуктами природного и техногенного разложения химических веществ [98, 102] и среди наиболее распространенных культур для фиторемедиации (*Melilotus alba* L., *Trifolium pratense* L., *Malva verticillata* L., *Cannabis sativa* L.) больше всего аккумулирует Pb, Zn, As и Cd [103].

Сафлор используют в качестве страховой [104], сидеральной [8, 90, 105] и медоносной культуры [106–107].

Цветоводство в мире в последние годы динамично развивается, и постоянный поиск новых продуктов заставляет ученых также обращаться к *C. tinctorius*. Сафлор, по мнению современных исследователей, имеет большой потенциал для этого рынка, ведутся селекционные работы по выведению декоративного сафлора для получения цветков для срезки и дальнейшего составления экибан [108–109].

Интересны и другие направления использования сафлора, описанные в иностранных источниках: так, Emongor V. в своем обзоре сообщает о том, что в некоторых странах по периметру зернового поля высевают сафлор в несколько рядов, для того, чтобы не допустить туда пасущийся скот [110]; Dajue L. с соавтором описывают возможное применение сафлоровой шелухи для получения целлюлозы, пеллетов, изоляционных материалов и в качестве упаковочного материала для пересылки хрупких предметов [17].

Таким образом, сафлор красильный – культура многоцелевого использования, но, как и любая другая, нуждается в учете биологических особенностей.



Семена сафлора прорастают при температуре 2–3 °С, всходы переносят заморозки до –3...–7 °С. Наибольшая потребность положительных температур приходится на период «цветение–созревание». К почвам культура не требовательна, лучше удается на черноземных и каштановых почвах.

Но уникальность *S. tinctorius* состоит в его высокой засухоустойчивости. Это растение-ксерофит, приспособленное к условиям резкоконтинентального климата, жаркому лету и засухам, что обуславливает его характерные морфологические признаки: глубокий корень (до 2 м), мелкие листья, наличие многочисленных шипиков на стеблях и прицветниках. Высокая засухоустойчивость культуры обусловлена также высокими темпами роста корневой системы, опережающей рост надземной массы в начальный период развития. До наступления почвенной засухи, в отличие от многих культур, сафлор создает хорошо развитую корневую систему, подающую растениям влагу из нижележащих слоев почвы. Высокую засухоустойчивость обеспечивает также ксерофитная, наподобие пустынных растений, вегетативная масса. В период цветения влажную погоду с дождем он переносит значительно хуже, чем сухую, поскольку в таких условиях цветки хуже оплодотворяются, а корзинки загнивают [8, 17, 14, 15, 110].

Транспирационный коэффициент у него менее 300, то есть на уровне сорговых культур [111]. Именно поэтому ученые называют сафлор масличным «верблюдом» [112], «культурой будущего» и «перспективной культурой для аридных условий», способной снизить агроэкологическую напряженность таких территорий [113–115]. По сообщению Bortolheiro F. P. A. P. с соавтором, сафлор возделывают как правило без орошения, в засушливых и полузасушливых районах часто без применения удобрений [116], а Argystangulov S. с соавторами рекомендует возделывать сафлор в регионах, подверженных опустыниванию [117].

Iftikhar Hussain M. с соавторами в своем обзоре приводит данные ООН, которые свидетельствуют о таянии Гималайских ледников и о мелении крупнейших рек Азии (Ganges, Indus, Brahmaputra, Yangtze, Mekong, Salween и Yellow); последние и вовсе могут исчезнуть к 2035 г. из-за постепенного повышения температуры воздуха [99]. В этой ситуации авторы уже сейчас предлагают подробно изучать сафлор красильный и называют такие исследования актуальными и фундаментальными, поскольку эта культура способна преодолевать экологические стрессы (экстремальные температуры, засуха), и могут быть ключом к решению проблемы возделывания масличных в районах, характеризующихся жесткими условиями по влагообеспеченности.

Засуха, среди абиотических стрессов, является очень непредсказуемой с точки зрения возникновения и продолжительности, и, по оценкам ученых, в будущем она будет проявляется все чаще и сильнее [118].

Анализ агрометеорологических наблюдений, проводимый в Центральной степи Крыма, также показывает тенденцию стабильного повышения среднегодовой температуры воздуха [119–121]. За последние 30 лет она выросла на 1,4 °С, а количество осадков не изменилось, но наблюдается их неравномерное распределение.

Наличие земель северного Присивашья, представленных сильно засоленными солончачовыми солонцами в комплексе с засоленными, несолонцеватыми и солонцеватыми лугово-каштановыми почвами еще раз подчеркивают актуальность опытов с сафлором красильным. В 2014 г. подача воды в Северо-Крымский канал была прекращена и на территории бывших рисовых систем стали выращивать сельскохозяйственные культуры только в условиях поступления атмосферных осадков. Согласно данным Хитрова Н. Б. с соавторами, по состоянию на 2016 г. отсутствовало засоление почв и пород зоны аэрации [122]. В то же время на глубине 1,0–1,5 м, соответствующей приблизительно верхней части капиллярной каймы от

грунтовых вод, в почвах наблюдается слабо проявляющийся максимум концентрации хлоридов. Этот факт может оказаться свидетельством начального этапа засоления, о скорости и интенсивности которого судить затруднительно.

В источниках литературы показано, что сафлор не снижает урожайность на почве, диапазон значений электропроводности которой варьирует от 1,8 до 7,2 дСм/м [123], что характеризует ее засоленность от «очень низкой» до «очень высокой», а сафлор – как среднеустойчивую культуру к засолению [124].

Биологические особенности культуры сафлора красильного и его адаптивный потенциал отвечают засушливым условиям Крыма [8, 14]. Предполагается, что при экстремально засушливых условиях, при значительном вымерзании озимых зерновых культур, сложности получения продуктивных всходов озимого рапса в отдельные годы, именно сафлор может обеспечить прибыльность растениеводства.

*C. tinctorius* в отдельные годы изучали в Крыму. В опытах Еськовой О. В. с соавтором показано, что в Предгорной зоне Крыма сафлор при действии азотных удобрений формирует среднюю урожайность до 1,44 т/га [125–127]. Авторы установили оптимальные нормы посева, сроки сева, нормы азотных удобрений. В то же время, Предгорье Крыма характеризуется более благоприятным по влагообеспеченности режимом, и, возможно, здесь сафлор будет формировать большие урожаи по сравнению со степной зоной.

Крым относится к наиболее солнечным регионам России. Годовая продолжительность солнечного сияния изменяется в пределах 2180–2470 ч [8] и, по данным исследователей, природные условия полуострова особенно благоприятны для формирования высококачественного масличного сырья [128]. Тем не менее, нет данных о качестве получаемого урожая сафлора, культивируемого в Крыму.

Отсутствие информации о потенциале различных сортов в условиях Крыма и агропроизводственной технологии сафлора для Центральной степи региона являются сдерживающими факторами его производства. В то же время, отдельные хозяйства Первомайского, Джанкойского, Красногвардейского и Советского районов имеют довольно длительный опыт выращивания *C. tinctorius*. Кроме того, в с. Климово Красногвардейского района уже запущен «Первый крымский маслозавод», готовый принимать масличное сырье различных сельхозкультур. Это тоже немаловажный момент, поскольку отсутствие перерабатывающих мощностей на небольших расстояниях от производственных центров всегда сдерживает выращивание нетрадиционных растений.

Наконец, стоит отметить и проблему биоразнообразия на полуострове. Прекращение подачи воды по Северо-крымскому каналу привело к практически полному выведению из структуры посевных площадей таких важных культур как соя, рис, кукуруза, занимавших ранее до 50 тыс га, снижены площади под многолетними травами (люцерной) и рапсом, наблюдается устойчивая тенденция концентрации усилий на двух видах продукции – озимых зерновых (пшеница, ячмень) и подсолнечнике. Известно, что в структуре посевных площадей последний не должен превышать допустимые нормы, поскольку нарушения приводят к накоплению и повышению концентрации различных возбудителей болезней, опасного сорняка заразики, вызывает иссушение глубоких слоев почвы, дисбаланс элементов питания, тем самым повышая неустойчивость растениеводства в условиях острозасушливого климата. Сафлор, учитывая его большую приспособленность к засухе, может стать альтернативой подсолнечнику.

С другой стороны, следует сказать, что в условиях рыночной системы хозяйствования необходим конкретный расчет экономической эффективности при различных уровнях урожайности, построенный на разработке технологических карт возделывания сафлора. Для разработки таких карт нужно провести детальные

исследования по определению основных элементов технологии в Центральной степи Крыма – норм высева, способов посева, норм и видов удобрений, установить – какие болезни и вредители сафлора наносят значимый урон, и определить меры защиты растений. Нужно сказать, что в литературных источниках часто указывается, что технология сафлора проста, а наибольшая часть расходов приходится на удобрения, пестициды и топливно-смазочные материалы и аренду земельных паев.

В новейших литературных источниках показано, что *C. tinctorius* положительно отзывается на внесение бактериальных препаратов [129], при этом отмечены повышение урожайности, масличности семян и сбора масла с 1 га. Наличие отдела сельскохозяйственной микробиологии ФГБУН «НИИСХ Крыма», занимающегося, в том числе изучением и поиском микроорганизмов, обладающих полезными агрономическими свойствами и разработкой экологически безопасных препаратов, позволит выявить потенциал культуры и в этом направлении.

Сафлор – «это классический экспортный товар в Турцию» (занимает 85–90 % экспорта) [130], а территориальная близкая связь Крыма с Турцией может служить еще одним источником его стабильного сбыта.

Таким образом, обобщение литературных источников показывает, что сафлор красильный – важная масличная культура многоцелевого назначения, обладающая значительной засухо- и жаростойкостью. В связи с аридизацией климата и сокращением поливной воды в Крыму изучение *C. tinctorius* в зоне Центральной степи является актуальным и своевременным. Продвижение этой культуры на полуострове будет способствовать увеличению биоразнообразия в растениеводстве и возможности получения ценного растительного масла собственного производства на различные цели народного хозяйства. Осознание полезности этой культуры и разработка междисциплинарных исследовательских проектов, связанных с вопросами агрономии, животноводства, биоэнергетики, изучения фармацевтических препаратов и клинических испытаний для выяснения эффективности продуктов из крымского сафлора и более полной реализации его возможностей в условиях дефицита водных ресурсов Крыма, станут успешной платформой для развития нашего региона.

### Литература

1. Beaudoin F., Sayanova O., Haslam R. P., Bancroft I., Napier J. A. Oleaginous crops as integrated production platforms for food, feed, fuel and renewable industrial feedstock // OCL. 2014. Vol. 21. No. 6. Art. No. D 606. DOI: 10.1051/ocl/2014042.
2. Perea-Moreno M.-A., Samerón-Manzano E., Perea-Moreno A.-J. Biomass as Renewable Energy: Worldwide Research Trends // Sustainability. 2019. № 11 (3). P. 863. DOI:10.3390/su11030863.
3. Rosillo-Calle F. Is there really a food versus fuel dilemma? Nogueira sugarcane bioenergy for sustainable development: expanding production in Latin America and Africa. London, 2019. P. 35–45. DOI: 10.4324/9780429457920.
4. Tomei J., Helliwell R. Food versus fuel? Going beyond biofuels // Land use policy. 2016. Vol. 56. P. 320–326. DOI: 10.1016/j.landusepol.2015.11.015.
5. Rosegrant M. W., Msangi S. Consensus and contention in the food-versus-fuel debate // Annual Review of Environment and Resources. 2014. Vol. 39 (1). P. 271–294. DOI: 10.1146/annurev-environ-031813-132233.
6. Khan M. A., von Witzke-Ehbrecht S., Brigitte M. L., Becker H. C. Relationships among different geographical groups, agro-morphology, fatty acid composition and RAPD marker diversity in Safflower (*Carthamus tinctorius*) // Genet Resour Crop Evol. 2009. No. 56. P. 19–30. DOI: 10.1007/s10722-008-9338-6.
7. Juroszek P., Racca P., Link S., Farhumand J., Kleinhenz B. Overview on the review articles published during the past 30 years relating to the potential climate change effects on plant pathogens and crop disease risks // Plant pathology. 2019. Vol. 69. No. 2. P. 179–193. DOI: 10.1111/ppa.13119.
8. Адамень Ф. Ф., Прошина И. А. Сафлор красильный. Симферополь, 2016. 296 с.
9. Hussain M. I., Lyra D.-A., Farooq M., Nikoloudakis N., Khalid N. Salt and drought stresses in safflower: a review // Agronomy for Sustainable Development. 2016. Vol. 36. Iss. 1. Art. No. 4 (2016). DOI: 10.1007/s13593-015-0344-8.

10. Kar G., Kumar A., Martha M. Water use efficiency and crop coefficients of dry season oilseed crops // *Agricultural Water Management*. 2007. Vol. 87 (1). P. 73–82.
11. Pearl A. S., Burke J. M. An underutilized crop and the cousins of a popular one // *Awkward botany*. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://awkwardbotany.com/2014/11/09/an-underutilized-crop-and-the-cousins-of-a-popular-one/> (дата обращения 18.12.2019).
12. Попов А. В. Совершенствование технологии возделывания сафлора красильного в рисовых севооборотах Сарпинской низменности. Дисс. ... канд. с.-х. наук. Волгоград: ФГБНУ «ВНИИ орошаемого земледелия», 2017. 209 с.
13. Мажаяев Н. И. Продуктивность сафлора в зависимости от способа посева и нормы высева в условиях Саратовского Заволжья. Дисс. ... канд. с.-х. наук. Саратов: ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ им. Н. И. Вавилова», 2014. 139 с.
14. Sangam L. D., Hari D. U., Dattatray M. H. Development of core collection using geographic information and morphological descriptors in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) germplasm // *Genetic Resources and Crop Evolution*. 2005. Vol. 52. P. 821–830. DOI: 10.1007/s10722-003-6111-8.
15. Bessada S. M. F., Barreira J. C. M., Oliveira M. B. P. P. Asteraceae species with most prominent bioactivity and their potential applications: A review // *Industrial Crops and Products*. 2015. Vol. 76. P. 604–615. DOI: 10.1016/j.indcrop.2015.07.073.
16. Кароматов И. Д., Акрамова Н. Ш. Перспективное лекарственное растение – сафлор красильный (обзор литературы) // *Электронный научный журнал «Биология и интегративная медицина*. 2018. № 6 (23). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivnoe-lekarstvennoe-rastenie-safflor-krasilnyyobzor-literatury/viewer> (дата обращения 25.12.2019).
17. Dajue L., Mündel H.-H. Safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Germany: International Plant Genetic Resources Institute, 1996. 83 p.
18. Ahmad N., Jianyu L., Xu T., Noman M., Jameel A., Na Y., Yuanyuan D., Nan W., Xiaowei L., Fawei W., Xiuming L., Haiyan L. Overexpression of a novel cytochrome P450 promotes flavonoid biosynthesis and osmotic stress tolerance in transgenic Arabidopsis // *Genes*. 2019. Vol. 10 (10). Art. No. 10. DOI: 10.3390/genes10100756.
19. Guobi Y., Yunzhou H., Dajue L. Safflower germplasm and its exploitation and utilization. Beijing: Science press, 1989. 344 p.
20. Asgarpanah J., Kazemivash N. Phytochemistry, pharmacology and medicinal properties of *Carthamus tinctorius* L. // *Chinese Journal of Integrated Traditional and Western*. 2013. Vol. 19 (2). P. 153–159. DOI: 10.1007/s11655-013-1354-5.
21. Ashwini K. D. Review article – a review on potential pharmacological uses of *Carthamus tinctorius* L. // *World Journal of Pharmaceutical Research*. 2015. Vol. 3 (8). P. 1741–1746.
22. Sorting Carthamus names. Multilingual multiscrypt plant name Database. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.plantnames.unimelb.edu.au/Sorting/Carthamus.html> (дата обращения 25.12.2019).
23. Mihoub I., Fatiha A. Effets d'un stress hydrique sur la teneur en sucres solubles et les composantes du rendement chez le carthame (*Carthamus tinctorius* L.) // *Revue des Regions Arides*. 2014. No. 3. P. 1033–1038.
24. Рудометова Н. В., Красникова Е. В., Дубовская А. Г., Вахрушева Т. Е. Перспективы использования сафлора как источника натуральных пищевых красителей // *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2010. № 9. С. 52–54.
25. Рудометова Н. В. Сафлор – натуральный краситель // *Индустрия напитков*. 2011. № 5. С. 12–14.
26. Лебедева Н. В. Сафлор – перспективный источник натуральных красящих веществ // *Материалы VII конференции молодых ученых и специалистов «Научный вклад молодых ученых в развитие пищевой и перерабатывающей промышленности АПК»*. М.: ВНИИ молочной промышленности Россельхозакадемии, 2013. С. 231–233.
27. Рудометова Н. В., Лебедева Н. В., Кубышкина С. В. Использование отходов растения *Carthamus tinctorius* L. как источника пищевых натуральных красителей // *Пищевые ингредиенты: сырье и добавки*. 2012. № 2. С. 59.
28. Radosevic K., Curko N., Srcek V. G., Bubalo M. C., Tomasevic M., Ganic K. K., Redovnikovic I. R. Natural deep eutectic solvents as beneficial extractants for enhancement of plant extracts bioactivity // *LWT-FOOD science and technology*. 2016. Vol. 73. P. 45–51. DOI: 10.1016/j.lwt.2016.05.037.
29. Dai Y. T., Verpoorte R., Choi Y. H. Natural deep eutectic solvents providing enhanced stability of natural colorants from safflower (*Carthamus tinctorius*) // *Food chemistry*. 2014. Vol. 159. P. 116–121. DOI: 10.1016/j.foodchem.2014.02.155.
30. Chen Y. S., Lee S. M., Lin C. C., Liu C. Y., Wu M. C., Shi W. L. Kinetic study on the tyrosinase and melanin formation inhibitory activities of carthamus yellow isolated

from *Carthamus tinctorius* L. // Journal of Bioscience and Bioengineering. 2013. Vol. 115. No. 3. P. 242–245. DOI: 10.1016/j.jbiosc.2012.09.013.

31. Sato K., Sugimoto N., Ohta M., Yamazaki T., Maitani T., Tanamoto K. Structure determination of minor red pigment in carthamus red colorant isolated by preparative LC/MS // Food additives and contaminants. 2003. Vol. 20. No. 11. P. 1015–1022. DOI: 10.1080/02652030310001615177.

32. Берестовой А. А. Совершенствование процесса получения сафлорового масла на одношнековом прессе с использованием ультразвука. Дисс. ... канд. техн. наук. Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский ГУИТ», 2018. 162 с.

33. Khalid N., Khan R. S., Hussain M. I., Farooq M., Ahmad A., Ahmed I. A comprehensive characterisation of Safflower oil for its potential applications as a bioactive food ingredient – a review // Trends in Food Science & Technology. 2017. Vol. 66. P. 176–186. DOI: 10.1016/j.tifs.2017.06.009.

34. La Bella S., Tuttolomondo T., Lazzeri L., Matteo R., Leto C., Licata M. An agronomic evaluation of new Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) germplasm for seed and oil yields under mediterranean climate conditions // Agronomy. 2019. Vol. 9(8). Art. No. 468. DOI: 10.3390/agronomy9080468.

35. Ekin Z. Resurgence of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) utilization: a global view // Journal of Agronomy. 2005. Vol. 4. Iss. 2. P. 83–87. DOI: 10.3923/ja.2005.83.87.

36. Kleingarten L. Notes Safflower Conference. Billings. USA: Montana, 1993. P. 5.

37. Камышева И. М., Крылова И. В. Сафлор – ценный источник пищевого белка // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования. 2018. № 13. С. 619–624.

38. Тупольских Т. И., Сердюк В. А., Головин А. С., Ганчурукова П. К. Использование сафлорового жмыха и шрота для повышения пищевой и биологической ценности продуктов питания // Материалы 11-й международной научно-практической конференции «Состояние и перспективы развития сельскохозяйственного машиностроения» в рамках 21-й международной агропромышленной выставки «Интерагромаш – 2018». Ростов-на-Дону: ДГТУ–Принт, 2018. С. 586–589.

39. Куценкова В. С., Неповинных Н. В., Гринев В. С., Любунь Е. В., Широков А. А., Марк Г. О. Разработка технологии хлеба повышенной пищевой ценности с добавкой цельнозерновых семян сафлора // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2019. № 4 (370). С. 36–40. DOI: 10.26297/0579-3009.2019.4.9.

40. Куценкова В. С., Неповинных Н. В., Андреева Л. В., Qingbin G. Текстурные свойства теста и сенсорные характеристики хлеба, обогащенного измельченными семенами сафлора // Российская сельскохозяйственная наука. 2019. № 4. С. 67–72. DOI: 10.31857/S2500-26272019467-72.

41. Куценкова В. С., Неповинных Н. В., Лямина Н. П., Сенчихин В. Н. Разработка рецептуры и медико-биологическая оценка хлебобулочных изделий с добавкой нетрадиционного растительного сырья // Техника и технология пищевых производств. 2019. Т. 49. № 1. С. 23–31. DOI: 10.21603/2074-9414-2019-1-23-31.

42. Патент РФ № 2039450 «Композиция заменителя чая «Цовинар» // Авакян О. Г. 1995. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38010669> (дата обращения 16.03.2020).

43. Патент РФ №RU 2039452 «Композиция заменителя чая «Сис» // Авакян О. Г. 1995. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38010671> (дата обращения 16.03.2020).

44. Патент РФ №RU 2039456 «Композиция заменителя чая «Вайк» // Авакян О. Г. 1995. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38010675> (дата обращения 16.03.2020).

45. Патент РФ №RU 2039455 «Композиция заменителя чая» // Авакян О. Г. 1995. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38010674> (дата обращения 16.03.2020).

46. Патент РФ №RU 2022505 «Композиция заменителя чая «Гегам» // Авакян О. Г. 1995. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38010672> (дата обращения 16.03.2020).

47. Сагитов А. О., Азембаев А. А. Чай из сафлора и его полезные свойства // Вестник Казахского Национального медицинского университета. 2013. №2. С. 156–158.

48. Харисова А. В. Фармакогностическое исследование сафлора красильного (*Carthamustinctorius*L.). Дисс. ... канд. фарм. наук. Самара: ГБОУ ВПО «Самарский государственный медицинский университет», 2014. 160 с.

49. Харисова А. В. Перспективы использования сафлора красильного в медицине и фармации // Фундаментальные исследования. 2013. № 10. Ч. 1. С. 154–157.

50. Маслова А. Ю. Астроциты и феноменальные возможности в терапии различных патологий // Научапарк. 2018. № 7 (68). С. 46–52.

51. Афанасьева Ю. В., Темирбекова С. К., Мотылева С. М. Антиоксидантная активность сафлора красильного (*Carthamus tinctorius* L.) в процессе вегетации // Материалы Международной научно-практической конференции «Фундаментальные и прикладные исследования в биоорганическом сельском хозяйстве России, СНГ и ЕС». М.: ВНИИ фитопатологии, 2016. С. 123–131.

52. Barashovets O. V., Popova N. V., Bondarenko N. Yu., Blazheevskiy M. Y. Flavonoids and antioxidant activity of safflower // Український біофармацевтичний журнал. 2018. № 3 (56). С. 60–65. DOI: 10.24959/ubphj.18.181.

53. Barashovets O. V., Popova N. V. The mineral composition of herbal drug of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) // Украинський біофармацевтичний журнал. 2016. № 4 (45). С. 52–55.
54. Golkar P., Taghizadeh M. *In vitro* evaluation of phenolic and osmolite compounds, ionic content, and antioxidant activity in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under salinity stress // Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC). 2018. Vol. 134. Iss. 3. P. 357–368. DOI: 10.1007/s11240-018-1427-4.
55. Long M., Liu L., Xie H., Yu X., Wang X., Fan A., Ge D., Xu Y., Zhang Q., Song C. The role of e-cadherin/ $\beta$ -catenin in hydroxysafflor yellow A inhibiting adhesion, invasion, migration and lung metastasis of hepatoma cells // Biological & Pharmaceutical Bulletin. 2017. Vol. 40. Iss. 10. P.1706–1715. DOI: 10.1248/bpb.b17-00281.
56. Ma Y. T., Li M. M., Wu Q., Xu W. F., Lin S., Chen Z. W., Liu L., Shi L., Sheng Q., Li T. T., Zhang Q., Li X. H., Hydroxysafflor yellow A sensitizes ovarian cancer cells to chemotherapeutic agent by decreasing WSB1 expression // European Journal of integrative medicine. 2019. Vol. 25. P. 6–12. DOI: 10.1016/j.eujim.2018.11.007.
57. Qin T., Wu L., Hua Q., Song Z., Pana Y., Liu T. Prediction of the mechanisms of action of Shenkang in chronic kidney disease: A network pharmacology study and experimental validation // Journal of Ethnopharmacology. 2020. Vol. 246. Iss. 10. P. 112–128. DOI:10.1016/j.jep.2019.112128.
58. Yu G., Luo Z., Zhou Ya., Zhang L., Wu Ya., Ding L., Shi Yu. Uncovering the pharmacological mechanism of *Carthamus tinctorius* L. on cardiovascular disease by a systems pharmacology approach // Biomedicine & Pharmacotherapy. 2019. Vol. 117. Art. No. 109094. DOI: 10.1016/j.biopha.2019.109094.
59. Tu Ya., Xue Y., Guoa D., Sun L., Guo M. Carthami flos: a review of its ethnopharmacology, pharmacology and clinical applications // Revista Brasileira de Farmacognosia. 2015. Vol. 25. Iss. 5. P. 553–566. DOI: 10.1016/j.bjp.2015.06.001.
60. Гуськова Н. А., Куценкова В. С., Клюкина О. Н., Неповинных Н. В. Использование регионального растительного сырья для производства функциональных продуктов питания // Материалы Международной научно-практической конференции «Вклад ученых в повышение эффективности АПК России», посвящённой 20-летию создания Ассоциации «Аграрное образование и наука». Саратов: ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ», 2018. С. 108–113.
61. Функциональное питание и функциональные продукты – Студопедия // [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://studopedia.ru/11\\_1802\\_funksionalnie-produkti-obshchaya-harakteristika.html](https://studopedia.ru/11_1802_funksionalnie-produkti-obshchaya-harakteristika.html) (дата обращения 03.01.2020).
62. Xu Y., Zheng Y., Li W., Ding Z. Dietary polyunsaturated fatty acid supplementations could significantly promote the delta 6 fatty acid desaturase and fatty acid elongase gene expression, long chain polyunsaturated fatty acids, and growth of juvenile cobia // European Journal of lipid Science and technology. 2018. Vol. 120. Iss. 11. Art. No. 1800212. DOI: 10.1002/ejlt.201800212.
63. Алтайулы С., Темирова И. Ж. Получение пищевых лецитинов из сафлоровых масел // Механика и технологии. 2018. № 1 (59). С. 65–67.
64. De Campo C., Costa T. M. H., Rios A. D., Flores S. H. Effect of incorporation of nutraceutical capsule waste of safflower oil in the mechanical characteristics of corn starch films // Food Science and Technology. 2016. Vol. 36. P. 33–36. DOI: 10.1590/1678-457X.0049.
65. Матеев Е. З., Королькова Н. В., Кубасова А. Н., Глотова И. А., Шахов С. В. Использование сафлорового масла в качестве биоактивного компонента при производстве косметических и моющих средств // Международный студенческий научный вестник. 2017. № 4–9. С. 1415–1419.
66. Кантуреева А. М., Устенова Г. О., Тургумбаева А. А., Бейсебаева У. Т. Технология производства фотозащитного крема из экстракта сафлора казахстанского вида «Акмай» // Фармация Казахстана. 2016. № 10 (185). С. 39–41.
67. Nogales-Delgado S., Encinar J. M., González J. F. Safflower Biodiesel: Improvement of its Oxidative Stability by Using BHA and TBHQ // Energies. 2019. Vol. 12. Iss. 10. Art. No. 1940. DOI: 10.3390/en12101940.
68. Андреева Е. В., Денежко Е. В., Новопащин Л. А., Асанбеков К. А., Садов А. А. Исследование показателей работы тракторного дизеля при использовании минерально-сафлоровых смесей // Аграрный вестник Урала. 2017. № 1. С. 66–69.
69. Матеев Е. З., Терехина А. В., Копылов М. В. Исследование качественных показателей сафлорового масла // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2017. Т. 79. № 3 (73). С. 115–119. DOI: 10.20914/2310-1202-2017-3-115-119.
70. Климова Е. В., Акрамова Р. Р., Абдурахимов С. А., Серкаев К. П., Атауллаев Ш. Н. Влияние ароматических углеводородов экстракционного бензина на состав извлекаемого сафлорового масла // Масложировая промышленность. 2014. № 6. С. 31–32.
71. Титова Е., Бондарчук Н., Романова Е. Экономические аспекты культивирования некоторых растений, используемых в качестве сырья при производстве биотоплива // Международный сельскохозяйственный журнал. 2017. № 1. С. 54–61.

72. Загородских Б. П., Альшин Ж. И., Кожевников А. А. Износостойкость плунжерных пар топливной аппаратуры тракторных двигателей при работе на биотопливе // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. 2011. № 1 (21). С. 154–160.
73. Загородских Б. П., Тохиян М. К., Чугунов В. А. Биотопливо для дизелей на основе сафлорового масла // Нива Поволжья. 2009. № 4 (13). С. 71–74.
74. Thiyagarajan S., Sonthalia A., Geo V. E., Prakash T., Karthickeyan V., Ashok B., Nanthagopal K., Dhinesh B. Effect of manifold injection of methanol/n-pentanol in safflower biodiesel fuelled CI engine // Fuel. 2020. Vol. 261. Art. No. 116378. DOI: 10.1016/j.fuel.2019.116378.
75. Khounani Z., Nazemi F., Shafiei M., Aghbashlo M., Tabatabaei M. Techno-economic aspects of a safflower-based biorefinery plant co-producing bioethanol and biodiesel // Energy conversion and Management. 2019. Vol. 201. Art. No. 112184. DOI: 10.1016/j.enconman.2019.112184.
76. Falizi N. J., Madenoglu T. G., Kurtas Y. K., Meric K., Gurgulu H., Ozcakal E., Uremek N. C., Saglam L., Saglam M. M. Production of biodiesel from safflower plant cultivated using membrane bioreactor (MBR) effluent discharged from wastewater treatment plant // Journal of chemical technology and biotechnology. 2019. Vol. 95. Iss. 3. P. 527–534. DOI: 10.1002/jctb.6237.
77. Balasubramanian K., Krishnan P. Effect of acetylene addition in safflower biodiesel fueled CI engine? An experimental study // Energy Sources part A-recovery utilization and environmental effects. 2019. DOI: 10.1080/15567036.2019.1678700.
78. Karabas H., Boran S. Comparison of engine performance and exhaust emission properties of diesel and Safflower biodiesel using multi-response surface methodology // Environmental progress & Sustainable energy. 2019. Vol. 38. Iss. 3. Art. No. e13034. DOI: 10.1002/ep.13034.
79. Isik M. Z., Aydin H. Investigation on the effects of gasoline reactivity controlled compression ignition application in a diesel generator in high loads using Safflower biodiesel blends // Renewable Energy. 2019. Vol. 133. P. 177–189. DOI: 10.1016/j.renene.2018.10.025.
80. Celebi Y., Aydin H. Investigation of the effects of butanol addition on safflower biodiesel usage as fuel in a generator diesel engine // Fuel. 2018. Vol. 222. P. 385–393. DOI: 10.1016/j.fuel.2018.02.174.
81. Ferreira M. S., Goes R. H. T. B., Martinez A. C., Gandra J. R., Fernandes A. R. M., Gonçalves Júnior W. A., Cardoso C. A. L., Brabes K. C. S., Machado N. O. R. Safflower seeds in the diet of feedlot lambs improved fat carcass, colour, and fatty acid profile of the meat // South African Journal of Animal Science. 2019. Vol. 49. No. 5. P. 922–933. DOI: 10.4314/sajas.v49i5.16.
82. Mansouri F., Moumen A. B., Richard G., Fauconnier M.-L., Sindic M., Elamrani A., Caid H. S. Proximate composition, amino acid profile, carbohydrate and mineral content of seed meals from four safflower (*Carthamus tinctorius* L.) varieties grown in north-eastern Morocco // OCL-Oilseeds and fats crops and lipids. 2018. Vol. 25. No. 25 (2). Art. No. A202. DOI: 10.1051/ocl/2018001.
83. Ozek K. Effects of Safflower phospholipid on functional egg production and prevention of fatty liver syndrome in laying hens. Review // Kahramanmaraş Sutcu IMAM University Journal of natural Science. 2016. Vol. 19. Iss. 4. P. 399–406.
84. Barbour G. W., Usayran N. N., Yau S. K., Murr S. K., Shaib H. A., Abi Nader N. N., Salameh G. M., Farran M. T. The effect of safflower meal substitution in a lysine fortified corn-soybean meal diet on performance, egg quality, and yolk fat profile of laying hens // Journal of applied poultry research. 2016. Vol. 25. Iss. 2. P. 256–265. DOI: 10.3382/japr/pfw008.
85. Possenti R. A., Arantes A. M., Brás P., Andrade J. B., Ferrari Júnior E. Avaliação nutritiva da silagem de cártamo, produção de biomassa, grãos e óleo // Bulletin of Animal Husbandry. Nova Odessa. 2016. Vol. 73. No. 3. P. 236–243. DOI: 10.17523/bia.v73n3p236.
86. Hung V. L., Nguyen Q. V., Don V. Nguyen, Malau-Aduli B. S., Nichols P. D., Malau-Aduli A. E. O. Nutritional supplements fortified with oils from Canola, Flaxseed, Safflower and Rice Bran improve feedlot performance and carcass characteristics of Australian prime lambs // Animals. 2018. Vol. 8. Art. No. 231. DOI: 10.3390/ani8120231.
87. Василенко В. Н., Фролова Л. Н., Терехина А. В., Драган И. В., Михайлова Н. А., Матеев Е. З. Переработка сафлорового жмыха с целью получения корма для КРС // Кормопроизводство. 2018. № 3. С. 41–48.
88. Горячева К. В., Шевандрин А. А. Использование сафлора в комбикормах для цыплят-бройлеров // Материалы XII Международной научно-практической конференции молодых исследователей «Наука и молодежь: новые идеи и решения». Волгоград: Волгоградский ГАУ. 2018. С. 173–175.
89. Масленников И. В., Линник К. И. Технология кормления крупного рогатого скота с использованием сафлорового жмыха // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2019. № 9. С. 81–87. DOI: 10.26155/vet.zoo.bio.201909011.
90. Темирбекова С. К., Куликов И. М., Метлина Г. В., Постников Д. А., Норов А. А., Афанасьева Ю. В. Сафлор как сидерат, предшественник и кормовая культура // Аграрное обозрение. 2014. № 5. С. 44–45.

91. Hall C. Overview of the oilseed Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) // Reference Module in Food Science. 2016. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/safflower-seed> (дата обращения 05.01.2020).
92. Xu Y., Li W., Ding Z. Polyunsaturated fatty acid supplements could considerably promote the breeding performance of carp // European Journal of lipid science and technology. 2017. Vol. 119. Iss. 5. Art. No. 1600183. DOI: 10.1002/ejlt.201600183.
93. Tiril S. U., Kerim M. Evaluation of safflower meal as a protein source in diets of rainbow trout // Journal of applied ichthyology. 2015. Vol. 31. Iss. 5. P. 895–899. DOI: 10.1111/jai.12807.
94. Liu Y., Wen J. J., Ning L. J., Jiao J. G., Qiao F., Chen L. Q., Zhang M. L., Du Z. Y. Comparison of effects of dietary-specific fatty acids on growth and lipid metabolism in *Nile tilapia* // Aquaculture Nutrition. 2019. Vol. 25. Iss. 4. P. 862–872. DOI: 10.1111/anu.12906.
95. Espinosa-Chaurand D., Nolasco-Soria H. In vitro digestibility of oils used in feed for *Macrobrachium tenellum*, *Macrobrachium americanum* and *Litopenaeus vannamei* // Aquaculture. 2019. Vol. 512. Art. No. 734303. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2019.734303.
96. Богосорьянская Л. В. Совершенствование технологии возделывания сафлора красильного при капельном орошении в условиях Северного Прикаспия: Автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук. Астрахань: ГНУ «Прикаспийский НИИ аридного земледелия», 2009. 23 с.
97. Постников Д. А., Курило А. А. Фитомелиоративное влияние горчицы белой и сафлора на содержание фосфора, калия и микробиологическую активность дерново-подзолистой почвы // Достижения науки и техники АПК. 2010. № 2. С. 15–17.
98. Постников Д. А. Фитомелиорация и фиторемедиация почв сельскохозяйственного назначения с различной степенью окультуренности и экологической нагрузки: Автореф. дисс. д-ра ... с.-х. наук. Брянск: Российский ГАУ – Московская СХ академия имени К.А. Тимирязева, 2009. 42 с.
99. Iftikhar Hussain M., Lyra D.-A., Farooq M., Nikoloudakis N., Khalid N. Salt and drought stresses in safflower: a review // Agronomy for Sustainable Development. 2016. Vol. 36. Iss. 1. Art. No. 4 (2016). DOI: 10.1007/s13593-015-0344-8.
100. Shaki F., Maboud H. E., Niknam V. Effects of salicylic acid on hormonal cross talk, fatty acids profile, and ions homeostasis from salt-stressed safflower // Journal of plant Interactions. 2019. Vol. 14. Iss. 1. P. 340–346. DOI: 10.1080/17429145.2019.1635660.
101. Shaki F., Maboud H. E., Niknam V. Growth enhancement and salt tolerance of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.), by salicylic acid // Current Plant Biology. 2018. Vol. 13. P. 16–22. DOI: 10.1016/j.cpb.2018.04.001.
102. Патент РФ №RU 2365078 «Способ очистки почв от тяжелых металлов» // Постников Д. А. 2007. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37554862> (дата обращения 10.03.2020).
103. Tlustoš P., Száková J., Hrubý J., Hartman I., Najmanová J., Nedělník J., Pavlíková D., Batysta M. Removal of As, Cd, Pb, and Zn from contaminated soil by high biomass producing plants // Plant Soil Environ. 2006. Vol. 52. Iss. 9. P. 413–423.
104. Андринок А. В., Иванюшин Е. А. Сафлор – страховая культура Зауралья // Материалы V Всероссийской научно-практической заочной конференции молодых ученых «Развитие научной, творческой и инновационной деятельности молодежи». Лесниково: Курганская ГСХА им. Т. С. Мальцева, 2014. С. 3–8.
105. Курило А. А. Агрэкологическая оценка горчицы белой, люпина узколистного и сафлора в Центральном районе Нечерноземной зоны: Автореф. дисс. канд... биол. наук. М.: Российский ГАУ – Московская СХ академия имени К. А. Тимирязева, 2011. 26 с.
106. Dalby R. Three bee plants: Purple Loosestrife, Vetch, and Safflower // American Bee Journal. 2001. Vol. 141. Iss. 1. P. 53–55.
107. Сафина Н. В., Кильянова Т. В. Сафлор красильный как медоносная культура // Пчеловодство. 2019. № 8. С. 24–26.
108. Melo G. G., Costa D. S., Loges V., Silva S. S., Sanglard D. A., Melo P. A. Filhous evaluation of the ornamental potential of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) // Biology. 2019. Vol. 33. Iss. 6. P. 1–13. DOI: 10.9734/jeai/2019/v33i630157.
109. Афанасьева Ю. В. Сафлор красильный (*Carthamus tinctorius* L.) как новая культура в декоративном садоводстве // Субтропическое и декоративное садоводство. 2014. № 50. С. 43–46.
110. Emongor V. Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) the underutilized and neglected crop: A review // Asian Journal of Plant Sciences. 2010. Vol. 9. P. 299–306. DOI:10.3923/ajps.2010.299.306.
111. Зубков В. В., Милёхин А. В., Куркин В. А., Харисова А. В., Платонов И. А., Павлова Л. В. Перспективы использования масла семян сафлора красильного в пищевой и фармацевтической промышленности // Известия самарского научного центра РАН. 2014. Т. 16. № 5 (3). С. 1135–1139.



112. Салаев О. А., Оконов М. М. Масличный «верблюд» сафлор (*Carthamus tinctorius*) – перспективная культура для рынка продукции растениеводства в Калмыкии // Материалы Всероссийской молодежной научно-технической конференции «Наука и молодежь» в рамках форума «Инновационная Калмыкия» финальный отбор программы «Умник-2014». Элиста: Калмыцкий ГУ имени Б. Б. Городовикова, 2014. С. 126–128.
113. Кильянова Т. В., Сафина Н. В. Сафлор – культура будущего // Агромир Поволжья. 2016. № 4 (24). С. 38–41.
114. Тютюма Н. В., Туманян А. Ф., Щербакова Н. А. Перспективный для аридных территорий сорт сафлора 2Астраханский 747» // Теоретические и прикладные проблемы АПК. 2017. № 1 (30). С. 29–32.
115. Маховикова Т. Ф., Сивцева С. Н., Рыбашлыкова Л. П. Интродукция нетрадиционных видов масличных культур в аридных условиях // Мелиорация. 2019. № 3 (89). С. 48–52.
116. Bortolheiro F. P. A. P., Silva M. A. Physiological response and productivity of safflower lines under water deficit and rehydration // Anais da Academia Brasileira de Ciencias. 2017. Vol. 89. Iss. 4. P. 3051–3066. DOI: 10.1590/0001-3765201720170475.
117. Arystangulov S., Konysbaeva D., Gorbulya V., Nurkuzhaev J., Turganbaev T., Sadykov B., Bekenova S. Comparative study and adaptation of promising varieties of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) for the production of fodder and seeds in a Desert-Steppe zone // Bioscience Research. 2019. Vol. 16. Iss. 2. P. 2034–2046. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://apps.webofknowledge.com/full\\_record.do?product=WOS&search\\_mode=GeneralSearch&qid=22&SID=E5NnvGTkaaxKw9b9maS&page=1&doc=1](https://apps.webofknowledge.com/full_record.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&qid=22&SID=E5NnvGTkaaxKw9b9maS&page=1&doc=1) (дата обращения 19.03.2020).
118. Lobell D. B., Burke M. B., Tebaldi C., Mastrandrea M. D., Falcon W. P., Naylor R. L. Prioritizing climate change adaptation needs for food security in 2030 // Science. 2008. Vol. 319 (5863). P. 607–610. DOI: 10.1126/science.1152339.
119. Паштецкий В. С., Радченко Л. А., Турин Е. Н., Турина Е. Л., Приходько А. В., Женченко К. Г., Радченко А. Ф., Пташник О. П., Ремесло Е. В., Иванов В. Ю., Ростова Е. Н. Особенности формирования урожая озимых и ранних яровых зерновых, зернобобовых, масличных культур и рекомендации по их уборке в условиях 2018 года. Симферополь: ФГБУН «НИИСХ Крыма», 2018. 40 с.
120. Черкашина А. В. Агроклиматические особенности возделывания кукурузы в степной зоне Крыма в условиях изменяющегося климата // Материалы IV Международной научно-практической Интернет-конференции «Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального землепользования». с. Солёное Займище: Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН, 2019. С. 243–254.
121. Турин Е. Н., Женченко К. Г. Совершенствование обработки почвы в Крыму // Вестник Рязанского Государственного агротехнологического университета имени П. А. Костычева. 2018. № 4(40). С. 52–60.
122. Хитров Н. Б., Клименко О. Е., Роговнева Л. В., Добрицкая Е. Ю., Дунаева Е. А., Кириленко Н. Г., Попович В. Ф. Солевое состояние рисовой системы Севера Крыма после прекращения подачи воды // Таврический вестник аграрной науки. 2016. № 3 (7). С. 140–154.
123. Bassil E.S., Kaffka S. R. Response of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) to saline soils and irrigation: I. Consumptive water use // Agricultural Water Management. 2002. Vol. 54. Iss.1. P. 67–80. DOI: 10.1016/S0378-3774(01)00148-2.
124. Воеводина Л. А. Использование показателя электропроводности для оценки продуктивности сельскохозяйственных культур // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2012. № 1 (05). С. 73–82.
125. Еськова О. В., Еськов С. В. Формирование семенной продуктивности посевов сафлора красильного в Предгорном Крыму // Труды КубГАУ. 2015. № 54. С. 148–152.
126. Еськова О. В., Еськов С. В. Влияние доз азотных удобрений на урожайность посевов сафлора красильного (*Carthamus tinctorius* L.) в Предгорном Крыму // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. 2015. № 3 (166). С. 29–35.
127. Еськова О. В., Еськов С. В. Засоренность и продуктивность посевов сафлора красильного (*Carthamus tinctorius* L.) в зависимости от норм высевы в Предгорном Крыму // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. 2015. № 4 (167). С. 19–24.
128. Кулинич Р. А., Турина Е. Л. Продуктивность и жирно-кислотный состав маслосемян нетрадиционных масличных культур в Крыму // Сборник научных трудов Материалы Международной научно-практической конференции, посвящённой году экологии в России «Научно-практические пути повышения экологической устойчивости и социально-экономическое обеспечение сельскохозяйственного производства». с. Солёное Займище, 2017. С. 539–543.
129. Разумнова Л. А., Каменев Р. А., Мухортова В. К. Влияние минеральных удобрений и бактериальных препаратов на урожайность и масличность сафлора в Ростовской области // Аграрная наука. 2019. № 1. С. 50–52. DOI: 10.32634/0869-8155-2019-321-1-50-52/.

130. Ганенко И. Интерес к сафлору в сезоне 2017/18 упадет // Агроинвестор. 2017. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.agroinvestor.ru/analytics/news/27644-interes-k-safloru-v-sezone-2017-18-upadet/> (дата обращения 08.01.2020).

### References

1. Beaudoin F., Sayanova O., Haslam R. P., Bancroft I., Napier J. A. Oleaginous crops as integrated production platforms for food, feed, fuel and renewable industrial feedstock // OCL. 2014. Vol. 21. No. 6. Art. No. D 606. DOI: 10.1051/ocl/2014042.
2. Perea-Moreno M.-A., Samerón-Manzano E., Perea-Moreno A.-J. Biomass as Renewable Energy: Worldwide Research Trends // Sustainability. 2019. № 11 (3). P. 863. DOI: 10.3390/su11030863.
3. Rosillo-Calle F. Is there really a food versus fuel dilemma? Nogueira sugarcane bioenergy for sustainable development: expanding production in Latin America and Africa. London, 2019. P. 35–45. DOI: 10.4324/9780429457920.
4. Tomei J., Helliwell R. Food versus fuel? Going beyond biofuels // Land use policy. 2016. Vol. 56. P. 320–326. DOI: 10.1016/j.landusepol.2015.11.015.
5. Rosegrant M. W., Msangi S. Consensus and contention in the food-versus-fuel debate // Annual Review of Environment and Resources. 2014. Vol. 39 (1). P. 271–294. DOI: 10.1146/annurev-environ-031813-132233.
6. Khan M. A., von Witzke-Ehbrecht S., Brigitte M. L., Becker H. C. Relationships among different geographical groups, agro-morphology, fatty acid composition and RAPD marker diversity in Safflower (*Carthamus tinctorius*) // Genet Resour Crop Evol. 2009. No. 56. P. 19–30. DOI: 10.1007/s10722-008-9338-6.
7. Juroszek P., Racca P., Link S., Farhumand J., Kleinhenz B. Overview on the review articles published during the past 30 years relating to the potential climate change effects on plant pathogens and crop disease risks // Plant pathology. 2019. Vol. 69. No. 2. P. 179–193. DOI: 10.1111/ppa.13119.
8. Adamen F. F., Proshina I. A. Safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Simferopol, 2016. 296 p.
9. Hussain M. I., Lyra D.-A., Farooq M., Nikoloudakis N., Khalid N. Salt and drought stresses in safflower: a review // Agronomy for Sustainable Development. 2016. Vol. 36. Iss. 1. Art. No. 4 (2016). DOI: 10.1007/s13593-015-0344-8.
10. Kar G., Kumar A., Martha M. Water use efficiency and crop coefficients of dry season oilseed crops // Agricultural Water Management. 2007. Vol. 87(1). P. 73–82.
11. Pearl A. S., Burke J. M. An underutilized crop and the cousins of a popular one // Awkward botany. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://awkwardbotany.com/2014/11/09/an-underutilized-crop-and-the-cousins-of-a-popular-one/> (дата обращения 18.12.2019).
12. Popov A. V. Improvement of the technology of cultivating safflower in the rice crop rotation of the Sarpinskaya lowland. Thesis ... Cand. Sc. (Agr.). Volgograd: Research Institute of Irrigated Agriculture, 2017. 209 p.
13. Mazhaev N. I. Productivity of safflower depending on the sowing method and the seeding rate under conditions of the Saratov Trans-Volga region. Thesis ... Cand. Sc. (Agr.). Saratov: Saratov State Vavilov Agrarian University, 2014. 139 p.
14. Sangam L. D., Hari D. U., Dattatray M. H. Development of core collection using geographic information and morphological descriptors in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) germplasm // Genetic Resources and Crop Evolution. 2005. Vol. 52. P. 821–830. DOI: 10.1007/s10722-003-6111-8.
15. Bessada S. M. F., Barreira J. C. M., Oliveira M. B. P. P. Asteraceae species with most prominent bioactivity and their potential applications: A review // Industrial Crops and Products. 2015. Vol. 76. P. 604–615. DOI: 10.1016/j.indcrop.2015.07.073.
16. Dajue L., Mündel H.-H. Safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Germany: International Plant Genetic Resources Institute. 1996. 83 p.
17. Dajue L., Mündel H.-H. Safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Germany: International Plant Genetic Resources Institute, 1996. 83 p.
18. Ahmad N., Jianyu L., Xu T., Noman M., Jameel A., Na Y., Yuanyuan D., Nan W., Xiaowei L., Fawei W., Xiuming L., Haiyan L. Overexpression of a novel cytochrome P450 promotes flavonoid biosynthesis and osmotic stress tolerance in transgenic Arabidopsis // Genes. 2019. Vol. 10 (10). Art. No. 10. DOI: 10.3390/genes10100756.
19. Guobi Y., Yunzhou H., Dajue L. Safflower germplasm and its exploitation and utilization. Beijing: Science press, 1989. 344 p.
20. Asgarpanah J., Kazemivash N. Phytochemistry, pharmacology and medicinal properties of *Carthamus tinctorius* L. // Chinese Journal of Integrated Traditional and Western. 2013. Vol. 19 (2). P. 153–159. DOI: 10.1007/s11655-013-1354-5.
21. Ashwini K. D. Review article – a review on potential pharmacological uses of *Carthamus tinctorius* L. // World Journal of Pharmaceutical Research. 2015. Vol. 3 (8). P. 1741–1746.

22. Sorting *Carthamus* names. Multilingual multiscrypt plant name Database. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.plantnames.unimelb.edu.au/Sorting/Carthamus.html> (дата обращения 25.12.2019).
23. Mihoub I., Fatiha A. Effets d'un stress hydrique sur la teneur en sucres solubles et les composantes du rendement chez le carthame (*Carthamus tinctorius* L.) // *Revue des Regions Arides*. 2014. No. 3. P. 1033–1038.
24. Rudometova N. V., Krasnikova Ye. V., Dubovskaya A. G., Vakhrusheva T. Ye. Prospects of use of a safflower as source of natural food colour // *Storage and Processing of Farm Products*. 2010. No. 9. P. 52–54.
25. Rudometova N. V. Safflower – a natural food colour // *Industriya napitkov*. 2011. No. 5. P. 12–14.
26. Lebedeva N. V. Safflower is a promising source of natural coloring matter // *Materials of the VII Conference of Young Scientists and Specialists “Scientific Contribution of Young Scientists to the Development of the Food and Processing Industry of the Agro-Industrial Complex”*. Moscow: Research Institute of dairy industry of the Russian Academy of agriculture, 2013. P. 231–233.
27. Rudometova N. V., Lebedeva N. V., Kubyshkina S. V. Using the waste of the plant *Carthamus tinctorius* L. as a source of natural food colours // *Food Ingredients: Raw Materials & Additives*. 2012. No. 2. P. 59.
28. Radosevic K., Curko N., Sreck V. G., Bubalo M. C., Tomasevic M., Ganic K. K., Redovnikovic I. R. Natural deep eutectic solvents as beneficial extractants for enhancement of plant extracts bioactivity // *LWT-FOOD science and technology*. 2016. Vol. 73. P. 45–51. DOI: 10.1016/j.lwt.2016.05.037.
29. Dai Y. T., Verpoorte R., Choi Y. H. Natural deep eutectic solvents providing enhanced stability of natural colorants from safflower (*Carthamus tinctorius*) // *Food chemistry*. 2014. Vol. 159. P. 116–121. DOI: 10.1016/j.foodchem.2014.02.155.
30. Chen Y. S., Lee S. M., Lin C. C., Liu C. Y., Wu M. C., Shi W. L. Kinetic study on the tyrosinase and melanin formation inhibitory activities of carthamus yellow isolated from *Carthamus tinctorius* L. // *Journal of Bioscience and Bioengineering*. 2013. Vol. 115. No. 3. P. 242–245. DOI: 10.1016/j.jbiosc.2012.09.013.
31. Sato K., Sugimoto N., Ohta M., Yamazaki T., Maitani T., Tanamoto K. Structure determination of minor red pigment in carthamus red colorant isolated by preparative LC/MS // *Food additives and contaminants*. 2003. Vol. 20. No. 11. P. 1015–1022. DOI: 10.1080/02652030310001615177.
32. Berestovoy A. A. Improving the process of producing safflower oil in a single-screw press using ultrasound. Thesis. ... Cand Sc. (Tech.). Voronezh: Voronezh State University of Engineering Technologies (FSBEI HE “VSUET”), 2018. 162 p.
33. Khalid N., Khan R. S., Hussain M. I., Farooq M., Ahmad A., Ahmed I. A comprehensive characterisation of Safflower oil for its potential applications as a bioactive food ingredient – a review // *Trends in Food Science & Technology*. 2017. Vol. 66. P. 176–186. DOI: 10.1016/j.tifs.2017.06.009.
34. La Bella S., Tuttolomondo T., Lazzeri L., Matteo R., Leto C., Licata M. An agronomic evaluation of new Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) germplasm for seed and oil yields under mediterranean climate conditions // *Agronomy*. 2019. Vol. 9(8). Art. No. 468. DOI: 10.3390/agronomy9080468.
35. Ekin Z. Resurgence of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) utilization: a global view // *Journal of Agronomy*. 2005. Vol. 4. Iss. 2. P. 83–87. DOI: 10.3923/ja.2005.83.87.
36. Kleingarten L. Notes Safflower Conference. Billings. USA: Montana, 1993. P. 5.
37. Kamysheva I. M., Krylova I. V. Safflower seeds – a food protein valuable source // *Novye i netradicionnye rasteniya i perspektivy ih ispolzovaniya*. 2018. No. 13. P. 619–624.
38. Tupolskikh T. I., Serdyuk V. A., Golovin A. S., Ganchurukova P. K. The use of safflower meal to increase the nutritional and biological value of food // *Materials of the 11<sup>th</sup> international scientific-practical conference “State and prospects of development of agricultural engineering” in the framework of the 21st international agro-industrial exhibition “Interagromash – 2018”*. Rostov-on-Don: DGTU–Print, 2018. P. 586–589.
39. Kutsenkova V. S., Nepovinnykh N. V., Grinev V. S., Lyubun E. V., Shirokov A. A., Mark G. O. Development of technology of bread with enhanced nutritional value with the addition of whole-ground safflower seeds // *News of Institutes of Higher Education. Food Technology*. 2019. No. 4 (370). P. 36–40. DOI: 10.26297/0579-3009.2019.4.9.
40. Kutsenkova V. S., Nepovinnykh N. V., Andreeva L. V., Guo Q. Textural properties of dough and sensory characteristics of bread enriched with crushed seeds of the safflower // *Russian Agricultural Sciences*. 2019. No. 4. P. 67–72. DOI: 10.31857/S2500-26272019467-72.
41. Kutsenkova V. S., Nepovinnykh N. V., Lyamina N. P., Senchikhin V. N. Recipe development and medical and biological evaluation of bakery products fortified with non-traditional vegetable raw materials // *Food Processing: Techniques and Technology*. 2019. Vol. 49. No. 1. P. 23–31. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-23-31>.

42. RF patent No. RU 2039450 “The composition of the tea substitute "Tsovinar"” // Avakyan O. G. 1995. [Electronic resource]. Access point: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38010669> (reference’s date 16.03.2020).
43. RF patent No. RU 2039452 “The composition of the tea substitute "Sis"” // Avakyan O. G. 1995. [Electronic resource]. Access point: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38010671> (reference’s date 16.03.2020).
44. RF patent No. RU 2039456 “The composition of the tea substitute "Vayk"” // Avakyan O. G. 1995. [Electronic resource]. Access point: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38010675> (reference’s date 16.03.2020).
45. RF patent No. RU 2039455 “The composition of the tea” // Avakyan O. G. 1995. [Electronic resource]. Access point: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38010674> (reference’s date 16.03.2020).
46. RF patent No. RU 2039455 “The composition of the tea substitute "Gagama"” // Avakyan O. G. 1995. [Electronic resource]. Access point: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38010672> (reference’s date 16.03.2020).
47. Sagitov A. O., Azembayev A. A. Safflower tea and its beneficial properties // Vestnik KazNMU. Scientific-Practical Journal of Medicine. 2013. No. 2. P. 156–158.
48. Kharisova A. V. Pharmacognostic study of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Thesis ... Cand. Sc. (Pharm.). Samara: Samara State Medical University, 2014. 160 p.
49. Kharisova A. V. The perspectives of the using of safflower in medicine and pharmacy // Fundamental Research. 2013. No. 10. Iss. 1. P. 154–157.
50. Maslova A. Yu. Astrocytes and their phenomenal possibilities in the treatment of various pathologies // NaukPark. 2018. No. 7 (68). P. 46–52.
51. Afanasieva Yu. V., Temirbekova S. K., Motyleva S. M. Antioxidant activity of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) in the process of vegetation // Materials of the International scientific-practical conference “Fundamental and applied research in bioorganic agriculture in Russia, CIS and EU”. Moscow: All-Russian research Institute of Phytopathology, 2016. P. 123–131.
52. Barashovets O. V., Popova N. V., Bondarenko N. Yu., Blazheevskiy M. Y. Flavonoids and antioxidant activity of safflower // Ukrainian biopharmaceutical journal. 2018. No. 3. (56). P. 60–65. DOI: 10.24959/ubphj.18.181.
53. Barashovets O. V., Popova N. V. The mineral composition of herbal drug of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) // Ukrainian biopharmaceutical journal. 2016. № 4 (45). P. 52–55.
54. Golkar P., Taghizadeh M. *In vitro* evaluation of phenolic and osmolite compounds, ionic content, and antioxidant activity in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under salinity stress // Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC). 2018. Vol. 134. Iss. 3. P. 357–368. DOI: 10.1007/s11240-018-1427-4.
55. Long M., Liu L., Xie H., Yu X., Wang X., Fan A., Ge D., Xu Y., Zhang Q., Song C. The role of e-cadherin/ $\beta$ -catenin in hydroxysafflor yellow A inhibiting adhesion, invasion, migration and lung metastasis of hepatoma cells // Biological & Pharmaceutical Bulletin. 2017. Vol. 40. Iss. 10. P. 1706–1715. DOI: 10.1248/bpb.b17-00281.
56. Ma Y. T., Li M. M., Wu Q., Xu W. F., Lin S., Chen Z. W., Liu L., Shi L., Sheng Q., Li T. T., Zhang Q., Li X. H., Hydroxysafflor yellow A sensitizes ovarian cancer cells to chemotherapeutic agent by decreasing WSB1 expression // European Journal of integrative medicine. 2019. Vol. 25. P. 6–12. DOI: 10.1016/j.eujim.2018.11.007.
57. Qin T., Wu L., Hua Q., Song Z., Pana Y., Liu T. Prediction of the mechanisms of action of Shenkang in chronic kidney disease: A network pharmacology study and experimental validation // Journal of Ethnopharmacology. 2020. Vol. 246. Iss. 10. P. 112–128. DOI: 10.1016/j.jep.2019.112128.
58. Yu G., Luo Z., Zhou Ya., Zhang L., Wu Ya., Ding L., Shi Yu. Uncovering the pharmacological mechanism of *Carthamus tinctorius* L. on cardiovascular disease by a systems pharmacology approach // Biomedicine & Pharmacotherapy. 2019. Vol. 117. Art. No. 109094. DOI: 10.1016/j.biopha.2019.109094.
59. Tu Ya., Xue Y., Guoa D., Sun L., Guo M. Carthami flos: a review of its ethnopharmacology, pharmacology and clinical applications // Revista Brasileira de Farmacognosia. 2015. Vol. 25. Iss. 5. P. 553–566. DOI: 10.1016/j.bjp.2015.06.001.
60. Guskova N.A., Kutsenkova V.S., Klyukina O.N., Nepovinykh N.V. Use of regional plant materials for the production of functional foods // Proceedings of the International Scientific and Practical Conference “Contribution of Scientists to Improving the Efficiency of the Russian Agro-Industrial Complex”, dedicated to the 20th anniversary of the creation of the Association “Agricultural Education and Science”. Saratov: FSBEI HE “Saratov State Vavilov Agrarian University”, 2018. P. 108–113.
61. Functional nutrition and functional products – Studopedia // [Electronic Resource]. Assess point: [https://studopedia.ru/11\\_1802\\_funktsionalnie-produkti-obshchaya-harakteristika.html](https://studopedia.ru/11_1802_funktsionalnie-produkti-obshchaya-harakteristika.html) (reference’s date 03.01.2020).
62. Xu Y., Zheng Y., Li W., Ding Z. Dietary polyunsaturated fatty acid supplementations could significantly promote the delta 6 fatty acid desaturase and fatty acid elongase gene expression, long chain

- polyunsaturated fatty acids, and growth of juvenile cobia // European Journal of lipid Science and technology. 2018. Vol. 120. Iss. 11. Art. No. 1800212. DOI: 10.1002/ejlt.201800212.
63. Altayuly S., Temirova I. Zh. Production of food lecithin from safflower oils // Mechanics & Technologies. 2018. No. 1 (59). P. 65–67.
64. De Campo C., Costa T. M. H., Rios A. D., Flores S. H. Effect of incorporation of nutraceutical capsule waste of safflower oil in the mechanical characteristics of corn starch films // Food Science and Technology. 2016. Vol. 36. P. 33–36. DOI: 10.1590/1678-457X.0049.
65. Mateev E. Z., Korolkova N. V., Kubasova A. N., Glotova I. A., Shakhov S. V. The use of safflower oil as a bioactive component in the production of cosmetics and detergents // International Student Research Bulletin 2017. No. 4–9. P. 1415–1419.
66. Kantureeva A. M., Ustenova G. O., Turgumbaeva A. A., Beysebaeva U. T. Technology photo protective cream from the extract of safflower kind of Kazakhstan “Akmai” // Pharmatsiya Kazakhstana. 2016. No. 10 (185). P. 39–41.
67. Nogales-Delgado S., Encinar J.M., González J.F. Safflower biodiesel: improvement of its oxidative stability by using BHA and TBHQ // Energies. 2019. Vol. 12. Iss. 10. Art. No. 1940. DOI: 10.3390/en12101940
68. Denezhko L. V., Novopashin L. A., Asanbekov K. A., Sadov A. A. Study of the performance of a diesel tractor upon using mineral and safflower mixture // Agrarian Bulletin of the Urals. 2017. No.1. P. 66–69.
69. Matveev E. Z., Terekhina A. V., Kopylov M. V. Research of qualitative indicators of safflower oil // Vestnik VGUI [Proceedings of VSUET]. 2017. Vol. 79. No. 3 (73). P. 115–119. DOI: 10.20914/2310-1202-2017-3-115-119.
70. Akramova R. R., Abdurakhimov S. A., Serkaev K. P., Ataulaev S. N. Effect of gasoline hydrocarbons aromatic extraction on the composition of the extracted safflower oil // Maslozhirrovaya Promyshlennost. 2014. No. 6. P. 31–32.
71. Titova E., Bondarchuk N., Romanova E. Economic aspects of plants cultivation used as raw materials for biofuel production // International Agricultural Journal. 2017. No.1. P. 54–61.
72. Zagorodskih B. P., Alshin Zh. I., Kozhevnikov A. A. Tractor engines fuel equipment pump element wear resistance during the work on biofuel // Proceedings of Nizhnevolzskiy Agrouniversity Complex. 2011. No. 1 (21). P. 154–160.
73. Zagorodskikh B. P., Tokhiyan M. K., Chugunov V. A. Biofuel for diesel engines based on safflower oil // Niva Povolzhya. 2009. No. 4 (13). P. 71–74.
74. Thiyagarajan S., Sonthalia A., Geo V. E., Prakash T., Karthickeyan V., Ashok B., Nanthagopal K., Dhinesh B. Effect of manifold injection of methanol/n-pentanol in safflower biodiesel fuelled CI engine // Fuel. 2020. Vol. 261. Art. No. 116378. DOI: 10.1016/j.fuel.2019.116378
75. Khounani Z., Nazemi F., Shafiei M., Aghbashlo M., Tabatabaei M. Techno-economic aspects of a safflower-based biorefinery plant co-producing bioethanol and biodiesel // Energy Conversion and Management. 2019. Vol. 201. Art. No. 112184. DOI: 10.1016/j.enconman.2019.112184.
76. Falizi N. J., Madenoglu T. G., Kurttas Y. K., Meric K., Gurgulu H., Ozcakal E., Uremek N. C., Saglam L., Saglam M. M. Production of biodiesel from safflower plant cultivated using membrane bioreactor (MBR) effluent discharged from wastewater treatment plant // Journal of Chemical Technology and Biotechnology. 2019. Vol. 95. Iss. 3. P. 527–534. DOI: 10.1002/jctb.6237.
77. Balasubramanian K., Krishnan P. Effect of acetylene addition in safflower biodiesel fueled CI engine? An experimental study // Energy Sources part A-recovery utilization and environmental effects. 2019. DOI: 10.1080/15567036.2019.1678700.
78. Karabas H., Boran S. Comparison of engine performance and exhaust emission properties of diesel and Safflower biodiesel using multi-response surface methodology // Environmental progress & Sustainable energy. 2019. Vol. 38. Iss. 3. Art. No. e13034. DOI: 10.1002/ep.13034.
79. Isik M. Z., Aydin H. Investigation on the effects of gasoline reactivity controlled compression ignition application in a diesel generator in high loads using Safflower biodiesel blends // Renewable Energy. 2019. Vol. 133. P. 177–189. DOI: 10.1016/j.renene.2018.10.025.
80. Celebi Y., Aydin H. Investigation of the effects of butanol addition on safflower biodiesel usage as fuel in a generator diesel engine // Fuel. 2018. Vol. 222. P. 385–393. DOI: 10.1016/j.fuel.2018.02.174.
81. Ferreira M. S., Goes R. H. T. B., Martinez A. C., Gandra J. R., Fernandes A. R. M., Gonçalves Júnior W. A., Cardoso C. A. L., Brabes K. C. S., Machado N. O. R. Safflower seeds in the diet of feedlot lambs improved fat carcass, colour, and fatty acid profile of the meat // South African Journal of Animal Science. 2019. Vol. 49. No. 5. P. 922–933. DOI: 10.4314/sajas.v49i5.16.
82. Mansouri F., Moumen A. B., Richard G., Fauconnier M.-L., Sindic M., Elamrani A., Caid H. S. Proximate composition, amino acid profile, carbohydrate and mineral content of seed meals from four safflower (*Carthamus tinctorius* L.) varieties grown in north-eastern Morocco // OCL-Oilseeds and fats crops and lipids. 2018. Vol. 25. No. 25 (2). Art. No. A 202. DOI: 10.1051/ocl/2018001.

83. Ozek K. Effects of Safflower phospholipid on functional egg production and prevention of fatty liver syndrome in laying hens. Review // Kahramanmaras Sutcu IMAM University Journal of natural Science. 2016. Vol. 19. Iss. 4. P. 399–406.
84. Barbour G. W., Usayran N. N., Yau S. K., Murr S. K., Shaib H. A., Abi Nader N. N., Salameh G. M., Farran M. T. The effect of safflower meal substitution in a lysine fortified corn-soybean meal diet on performance, egg quality, and yolk fat profile of laying hens // Journal of applied poultry research. 2016. Vol. 25. Iss. 2. P. 256–265. DOI: 10.3382/japr/pfw008.
85. Possenti R. A., Arantes A. M., Brás P., Andrade J. B., Ferrari Júnior E. Avaliação nutritiva da silagem de cártamo, produção de biomassa, grãos e óleo // Bulletin of Animal Husbandry. Nova Odessa. 2016. Vol. 73. No. 3. P. 236–243. DOI:10.17523/bia.v73n3p236.
86. Hung V. L., Nguyen Q.V., Don V. Nguyen, Malau-Aduli B. S., Nichols P. D., Malau-Aduli A. E. O. Nutritional supplements fortified with oils from Canola, Flaxseed, Safflower and Rice Bran improve feedlot performance and carcass characteristics of Australian prime lambs // Animals. 2018. Vol. 8. Art. No. 231. DOI:10.3390/ani8120231.
87. Vasilenko V. N., Frolova L. N., Terekhina A. V., Dragan I. V., Mikhaylova N. A. Safflower cake as a feed for livestock // Fodder Production. 2018. No. 3. P. 41–48.
88. Goryacheva K. V., Shevandrin A. A. Safflower for broiler chickens feed // Materials of the XII International Scientific and Practical Conference of Young Scientists “Science and Youth: New Ideas and Solutions”. Volgograd: Volgograd State Agrarian University, 2018. P. 173–175.
89. Maslennikov I. V., Linnik K. I. Cattle feeding technology using saflor cake // Veterinariya, Zootekhnika i Biotekhnologiya. 2019. No. 9. P. 81–87. DOI: 10.26155/vet.zoo.bio.201909011.
90. Temirbekova S. K., Kulikov I. M., Metlina G. V. Postnikov D. A., Norov A. A., Afanasyev Yu. V. Safflower as green manure, preceding and forage crop // Agrarnoe obozrenie. 2014. No. 5. P. 44–45.
91. Hall C. Overview of the oilseed Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) // Reference Module in Food Science. 2016. [Electronic resource]. Access point: <https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/safflower-seed> (reference’s date 05.01.2020).
92. Xu Y., Li W., Ding Z. Polyunsaturated fatty acid supplements could considerably promote the breeding performance of carp // European Journal of lipid science and technology. 2017. Vol. 119. Iss. 5. Art. No. 1600183. DOI: 10.1002/ejlt.201600183.
93. Tiril S. U., Kerim M. Evaluation of safflower meal as a protein source in diets of rainbow trout // Journal of applied ichthyology. 2015. Vol. 31. Iss. 5. P. 895–899. DOI: 10.1111/jai.12807.
94. Liu Y., Wen J. J., Ning L. J., Jiao J. G., Qiao F., Chen L. Q., Zhang M. L., Du Z. Y. Comparison of effects of dietary-specific fatty acids on growth and lipid metabolism in *Nile tilapia* // Aquaculture Nutrition. 2019. Vol. 25. Iss. 4. P. 862–872. DOI: 10.1111/anu.12906.
95. Espinosa-Chaurand D., Nolasco-Soria H. *In vitro* digestibility of oils used in feed for *Macrobrachium tenellum*, *Macrobrachium americanum* and *Litopenaeus vannamei* // Aquaculture. 2019. Vol. 512. Art. No. 734303. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2019.734303.
96. Bogosoryanskaya L. V. Improving the technology of cultivation of safflower under drip irrigation in the Northern Caspian region: Abstract ... Cand. Sc. (Agr.). Astrakhan: Caspian Research Institute of Arid Agriculture. 2009. 23 p.
97. Kurilo D. A., Postnikov D. A. Studying of meliorative influence *Sinapis alba* and *Carthamus tinctorius* on parameters of mobile phosphorus, potassium and microbiological activity of soil // Achievements of Science and Technology of AIC. 2010. No. 2. P. 15–17.
98. Postnikov D. A. Phytomelioration and phytoremediation of agricultural soils with varying degrees of cultivation and environmental load: Abstract ... Dr. Sc. (Agr.). Bryansk: Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy. 2009. 42 p.
99. Iftikhar Hussain M., Lyra D.-A., Farooq M., Nikoloudakis N., Khalid N. Salt and drought stresses in safflower: a review // Agronomy for Sustainable Development. 2016. Vol. 36. Iss. 1. Art. No. 4 (2016). DOI: 10.1007/s13593-015-0344-8.
100. Shaki F., Maboud H. E., Niknam V. Effects of salicylic acid on hormonal cross talk, fatty acids profile, and ions homeostasis from salt-stressed safflower // Journal of plant Interactions. 2019. Vol. 14. Iss. 1. P. 340–346. DOI: 10.1080/17429145.2019.1635660.
101. Shaki F., Maboud H. E., Niknam V. Growth enhancement and salt tolerance of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.), by salicylic acid // Current Plant Biology. 2018. Vol. 13. P. 16–22. DOI: 10.1016/j.cpb.2018.04.001.
102. RF patent No. RU 2365078 “Method of cleaning soils from heavy metals” // Postnikov D. A. 2007. [Electronic Resource]. Assess point: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37554862> (reference’s date 10.03.2020).
103. Tlustoš P., Száková J., Hrubý J., Hartman I., Najmanová J., Nedělník J., Pavlíková D., Batysta M. Removal of As, Cd, Pb, and Zn from contaminated soil by high biomass producing plants // Plant Soil Environ. 2006. Vol. 52. Iss. 9. P. 413–423.

104. Andrinuk A. V., Ivanyushin E. A. Safflower – insurance culture of Trans-Urals // Materials of the V All-Russian Scientific and Practical Correspondence Conference of Young Scientists “Development of the Scientific, Creative and Innovative Activities of Youth”. Lesnikovo: Kurgan State Agricultural Academy by T. S. Maltsev, 2014. P. 3–8.
105. Kurilo A. A. Agroecological assessment of white mustard, narrow-leaved lupine and safflower in the Central region of the non-chernozem zone Abstract ... Cand. Sc. (Biol.). Moscow: Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy. 2011. 26 p.
106. Dalby R. Three bee plants: Purple loosestrife, vetch, and safflower // American Bee Journal. 2001. Vol. 141. Iss. 1. P. 53–55.
107. Safina N. V., Kilyanova T. V. *Carthamus tinctorius* as a honey culture // Pchelovodstvo. 2019. No. 8. P. 24–26.
108. Melo G. G., Costa D. S., Loges V., Silva S. S., Sanglard D. A., Melo P. A. Filhous evaluation of the ornamental potential of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) // Biology. 2019. Vol. 33. Iss. 6. P. 1–13. DOI: 10.9734/jeai/2019/v33i630157.
109. Afanasyeva Yu. V. Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) as a new culture in ornamental gardening // Subtropical and Decorative Gardening. 2014. No. 50. P. 43–46.
110. Emongor V. Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) the underutilized and neglected crop: a review // Asian Journal of Plant Sciences. 2010. Vol. 9. P. 299–306. DOI: 10.3923/ajps.2010.299.306.
111. Zubkov V. V., Milyokhin A. V., Kurkin V. A., Kharisova A. V., Platonov I. A., Pavlova L. V. Prospects of safflower seeds oil in food and pharmaceutical industry // Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences (Izvestia RAS SamSC). 2014. Vol. 16. No. 5 (3). P. 1135–1139.
112. Salaev O. A., Okonov M. M. Oil-bearing “camel” safflower (*Carthamus tinctorius*) – a promising crop for the crop production market in Kalmykia // Materials of the All-Russian Youth Scientific and Technical Conference “Science and Youth” within the framework of the Innovative Kalmykia Forum, the final of the program “Clever Man-2014”. Elista: Kalmyk State University named after B. B. Gorodovikov, 2014. P. 126–128.
113. Kilyanova T. V., Safina N. V. Safflower – the culture of the future // Agromir Povolzhya. 2016. No. 4 (24). P. 38–41.
114. Tutuma N. V., Tumanyan A. F., Scherbakova N. A. Variety of safflower ‘Astrahansky 747’ as a perspective one for arid zone of Near-Caspian area // Theoretical & Applied Problems of Agro-Industry. 2017. No. 1 (30). P. 29–32.
115. Makhovikova T. F., Sivtseva S. N., Rybashlykova L. P. Introduction of non-traditional types of oilseeds under arid conditions // Melioratsiya. 2019. No. 3 (89). P. 48–52.
116. Bortolheiro F. P. A. P., Silva M. A. Physiological response and productivity of safflower lines under water deficit and rehydration // Anais da Academia Brasileira de Ciencias. 2017. Vol. 89. Iss. 4. P. 3051–3066. DOI: 10.1590/0001-3765201720170475.
117. Arystangulov S., Konysbaeva D., Gorbulya V., Nurkuzhaev J., Turganbaev T., Sadykov B., Bekenova S. Comparative study and adaptation of promising varieties of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) for the production of fodder and seeds in a Desert-Steppe zone // Bioscience Research. 2019. Vol. 16. Iss. 2. P. 2034–2046. [Electronic resource]. Assess point: [https://apps.webofknowledge.com/full\\_record.do?product=WOS&search\\_mode=GeneralSearch&qid=22&SID=E5NnvGTkaaxKw9b9maS&page=1&doc=1](https://apps.webofknowledge.com/full_record.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&qid=22&SID=E5NnvGTkaaxKw9b9maS&page=1&doc=1) (reference’s date 19.03.2020).
118. Lobell D. B., Burke M. B., Tebaldi C., Mastrandrea M. D., Falcon W. P., Naylor R. L. Prioritizing climate change adaptation needs for food security in 2030 // Science. 2008. Vol. 319 (5863). P. 607–610. DOI: 10.1126/science.1152339.
119. Pashtetskiy V. S., Radchenko L. A., Turin E. N., Turina E. L., Prikhodko A. V., Zhenchenko K. G., Radchenko A. F., Ptashnik O. P., Remeslo E. V., Ivanov V. Yu., Rostova E. N. Winter and early spring cereals, legumes, oilseeds yield formation and guidance for their harvesting under conditions of 2018. Simferopol: FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”. 2018. 40 p.
120. Cherkashina A. V. Agroclimatic features of corn cultivation in the Crimean steppe zone in a changing climate // Materials of the IV International Scientific and Practical Internet Conference “Current Ecological State of the Natural Environment and Scientific and Practical Aspects of Rational Land Use”. Village of Solenoye Zaimishche: Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 2019. P. 243–254.
121. Turin E. N., Zhenchenko K. G. Improvement of soil tillage techniques in the Crimea // Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P. A. Kostychev. 2018. No. 4 (40). P. 52–60.
122. Khitrov N. B., Klimentenko O. E., Rogovneva L. V., Dobritskaya E. Yu., Dunaeva E. A., Kirilenko N. G., Popovich V. F. The Salt state of the rice system in the North of Crimea after the water supply is stopped. 2016. No. 3 (7). P. 140–154.

123. Bassil E. S., Kaffka S. R. Response of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) to saline soils and irrigation: I. Consumptive water use // *Agricultural Water Management*. 2002. Vol. 54. Iss. 1. P. 67–80. DOI: 10.1016/S0378-3774(01)00148-2.
124. Voevodina L. A. The use of the electric productivity index to assess the productivity of agricultural crops // *Scientific journal of the Russian research Institute of problems of land reclamation*. 2012. No. 1 (05). P. 73–82.
125. Yeskova O. V., Yeskov S. V. Seed productivity of *Carthamus tinctorius* L. in the Crimean Foothills // *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*. 2015. No. 54. P. 148–152.
126. Yeskova O. V., Yeskov S. V. Influence of doses of nitrogen fertilizers on the yield of crops of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) in the Foothill zone of the Crimea // *Transactions of Taurida Agricultural Science*. 2015. No. 3 (166). P. 29–35.
127. Yeskova O. V., Yeskov S. V. Weed infestation and productivity of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) depending on seeding rates in the Foothill zone of the Crimea // *Transactions of Taurida Agricultural Science*. 2015. No. 4 (167). P. 19–24.
128. Kulinich R. A., Turina E. L. Productivity and fatty acid composition of oilseeds of non-traditional for the Crimea oil-bearing crops // *Proceedings of the international scientific and practical conference “Scientific and practical ways to improve environmental sustainability and socio-economic support for agricultural production” dedicated to the year of ecology in Russia*. Village of Solenoye Zaimishche, 2017. P. 539–543.
129. Razumnova L. A., Kamenev R. A., Mukhortova V. K. The influence of mineral fertilizers and bacterial preparations on yield and oil content of safflower in the Rostov region // *Agrarian science*. 2019. No.1. P. 50–52. DOI: 10.32634/0869-8155-2019-321-1-50-52.
130. Ganenko I. Interest to safflower will fall in 2017/18 // *Agroinvestor*. 2017. [Electronic resource]. Access point: <https://www.agroinvestor.ru/analytics/news/27644-interes-k-safloru-v-sezone-2017-18-upadet/> (reference’s date 08.01.2020).

UDC 633.85

Turina E. L.

**CARTHAMUS TINCTORIUS L. VALUE AND THE RELEVANCE OF THE RESEARCH WITH THIS CROP IN THE CENTRAL STEPPE OF THE CRIMEA (REVIEW)**

*Summary. Safflower (Carthamus tinctorius L.) is an oilseed plant of the family Asteraceae. The aim of this review was to describe the main applications of Carthamus tinctorius L. and justify the relevance of research with this crop in the Central Steppe of the Crimea. Safflower seed oil is used mainly in cosmetics and as cooking oil, in salad dressing, and for the production of margarine. Other areas of use also include technical and pharmaceutical industry, medicine, feed production, and aquaculture. In addition, safflower is used as green manure, nectar source plants, ornamental plants, and phyto-reclamation crop. Drought and salinity are two of the most serious abiotic stresses that can, if not kill the plant, then seriously decrease its productivity. Safflower is native to arid environments. Thus, its high drought tolerance and exceptional heat resistance give the possibility to grow safflower in areas with a sharply continental climate. The lack of soil requirements and the possibility of cultivation as a halophytic plant suggests that safflower can be cultivated in a saline environment. Studying the growing technologies, varietal characteristics, analysing of yield potential depending on weather conditions and researching the characteristics of the formation of high-quality oilseed raw materials is always required when introducing new types of plants into the field. Due to climate aridization and reduction of irrigation water in the Crimea, the study of Carthamus tinctorius in the Central Steppe zone is relevant and timely. The introduction of this plant to the fields of the peninsula will contribute to increasing the biodiversity in crop production and the possibility of obtaining valuable vegetable oil for various purposes. In light of the problems of phytomelioration and phytoremediation, safflower may become the key to addressing the number of issues in this direction in the Crimea. Scientists have to understand the usefulness of this crop and*



*develop the interdisciplinary research projects related to the issues of agronomy, animal husbandry, bioenergy, as well as the study of the pharmaceuticals and clinical trials, to prove the effectiveness of products made from the Crimean safflower. The more complete realization of its capabilities under conditions of water deficiency in the Crimea will become a successful platform for the development of our region.*

**Keywords:** *Carthamus tinctorius, economic value, drought tolerance, region of cultivation.*

Турина Елена Леонидовна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник лаборатории исследования технологических приемов в животноводстве и растениеводстве, ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295493, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: schigortsovaelena@rambler.ru.

Turina Elena Leonidovna, Cand. Sc. (Agr.), senior researcher, leading researcher of the Laboratory of technological methods in animal husbandry and crop production research, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150, Kievskaya str., Simferopol, 295493, Russia; e-mail: schigortsovaelena@rambler.ru.

*Дата поступления в редакцию – 20.01.2020.*

*Дата принятия к печати – 01.03.2020.*

