



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

# ТАВРИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК АГРАРНОЙ НАУКИ

*научный журнал*

ISSN 2542-0720



№ 2 (14)  
2018





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

# ТАВРИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК АГРАРНОЙ НАУКИ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

TAURIDA HERALD  
OF THE AGRARIAN SCIENCES

№ 2 (14)

2018

# ТАВРИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК АГРАРНОЙ НАУКИ

научный журнал

ISSN 2542-0720

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

**Адрес редакции:**

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

ФГБУ «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 №  
Тираж 500 экз.

Подписано к печати 25.06.2018.  
Отпечатано с оригинал-макета

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

## РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

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

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

С 22 марта 2018 г. журнал включен в утвержденный ВАК Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук.

### Тематические направления журнала:

#### Биологические науки 03.00.00:

03.02.00 – Общая биология

03.02.03 – Микробиология

03.02.14 – Биологические ресурсы

#### Сельскохозяйственные науки 06.00.00:

06.01.00 – Агрономия

06.01.01 – Общее земледелие

06.01.02 – Мелиорация, рекультивация и охрана земель

06.01.05 – Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений

#### Технические науки 05.00.00:

05.20.00 Процессы и машины агроинженерных систем

05.20.01 – Технология и средства механизации сельского хозяйства

Согласно договору с Научной электронной библиотекой eLIBRARY.RU No708-11/2015 от 09.11.2015 г. журнал включён в систему Российского индекса научного цитирования (РИНЦ).

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

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

Научный журнал «Таврический вестник аграрной науки» (“Taurida Herald of the Agrarian Sciences”) основан в 2013 г. Официальный сайт журнала - <http://tvan.niishk.ru/>

Издание зарегистрировано в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций Российской Федерации: ПИ № ФС 77-67084 от 15.09.2016 г.

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

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

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

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

## ОБРАЩЕНИЕ К КОЛЛЕГАМ



*Уважаемые коллеги, спешу сообщить, что в марте 2018 года журнал «Таврический вестник аграрной науки», учредителем которого является ФГБУН «НИИСХ Крыма», зарегистрирован в Перечне научных изданий, рекомендованных ВАК, по следующим направлениям: Общая биология, Агронимия, Процессы и машины агроинженерных систем. От лица всего трудового коллектива, выражаю слова благодарности Высшей аттестационной комиссии при Министерстве образования и науки Российской Федерации за то, что они по достоинству оценили уровень работы института и публикаций, поверили в нас и утвердили три основных важных для сельского хозяйства направления работы журнала. За поддержку, которая была необходима нашему институту на пути становления и перерегистрации журнала, отдельно благодарю руководство РАН и ФАНО России, ведущие научные учреждения России, в первую очередь - ФГБНУ «АНЦ «Донской», ФГБНУ «Национальный центр зерна имени П.П.Лукияненко», ФГБНУ «Северо-Кавказский Федеральный научный аграрный центр», ФГБНУ «Донской зональный научно-исследовательский институт сельского хозяйства». С гордостью могу утверждать, что данный печатный ресурс - достижение аграрной науки Крыма, призванный объединять на своих страницах наработанный годами потенциал научных учреждений. Теперь все желающие, ученые, могут публиковать в журнале «Таврический вестник аграрной науки» свои актуальные научные статьи по сельскому хозяйству, приглашаем всех к информационно-публикационному сотрудничеству.*

*С уважением, Врио директора ФГБУН «НИИСХ Крыма» В.С.Паштецкий*

СОДЕРЖАНИЕ

**ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ**

- Alekseev I., Neaman A., Lizardi N., Mondaca P., Aguilar M. 9  
ASSESSMENT OF POTENTIAL HEALTH RISK DUE TO CONSUMPTION OF  
VEGETABLES GROWN NEAR A COPPER SMELTER IN CENTRAL CHILE
- Богоутдинов Д. З., Кастальева Т. Б., Гирсова Н. В. 15  
ФИТОПЛАЗМЕННЫЕ БОЛЕЗНИ – СЕРЬЕЗНАЯ ОПАСНОСТЬ ДЛЯ  
РАСТЕНИЕВОДСТВА РОССИИ. ОБЗОР
- Пыркин В. О., Хапчаева С. А., Дидович С. В., Зотов В. С. 35  
ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ БИОПРЕПАРАТОВ НА ПОЧВЕННЫЙ  
МИКРОБИОМ
- Чайковская Л. А., Овсиенко О. Л., Баранская М. И., Ключенко В. В., Липиева Н. Н. 46  
ВОЗДЕЙСТВИЕ МИКРОБНЫХ ПРЕПАРАТОВ НА СОДЕРЖАНИЕ  
ВОДОРАСТВОРИМЫХ ФОРМ МЕДИ В РИЗОСФЕРЕ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ  
И КАЧЕСТВО ЗЕРНА

**АГРОНОМИЯ**

- Лебедь Д. В., Волошин М. И., Беспалов Е. А., Костенкова Е. В. 54  
ОЧИСТКА И СОРТИРОВАНИЕ СЕМЯН ГУАРА (*CYAMOPSIS*  
*TETRAGONOLOBA* L.)
- Менькина Е. А., Куприченков М. Т. 64  
СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ В АГРО- И  
БИОГЕННЫХ ПОЧВАХ СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ
- Моисеев К. Г., Терлеев В. В., Холохоренко М. В. 76  
ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛИ ФРАКТАЛЬНОЙ ФРАКЦИИ (PSF) ДЛЯ  
ФИЗИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ВОДОУДЕРЖИВАЮЩЕЙ  
СПОСОБНОСТИ ПОЧВЫ
- Мягих Е. Ф., Марченко М. П., Новиков И. А. 89  
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ГИБРИДОВ *ORIGANUM VULGARE* L. ПО  
КОМПЛЕКСУ ПРИЗНАКОВ
- Прахова Т. Я., Прахов В. А. 96  
ИНТРОДУКЦИЯ КУЛЬТУРЫ *GUIZOTIA ABYSSINICA* CASS В УСЛОВИЯХ  
СРЕДНЕВОЛЖСКОГО РЕГИОНА
- Скипор О. Б., Бабанина С. С., Попова А. А., Золотилов В. А., Золотилова О. М. 103  
ЭКОНОМИЧЕСКИ ОБОСНОВАННЫЙ СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ САЖЕНЦЕВ  
ЛАВАНДЫ СОРТА СИНЕВА
- Скипор О. Б., Савченко М. В., Уманец Н. Н. 110  
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ СТИМУЛЯТОРОВ  
РОСТА РАСТЕНИЙ В ТЕХНОЛОГИИ ВЫРАЩИВАНИЯ ЛАВАНДЫ  
УЗКОЛИСТНОЙ В УСЛОВИЯХ ПРЕДГОРНОЙ ЗОНЫ КРЫМА
- Тевфик А. Ш., Егорова Н. А., Загорская М. С. 118  
ОСОБЕННОСТИ МОРФОГЕНЕЗА ЭКСПЛАНТОВ ТИМЬЯНА  
ОБЫКНОВЕННОГО НА ПЕРВОМ ЭТАПЕ КЛОНАЛЬНОГО  
МИКРОРАЗМНОЖЕНИЯ



Шульга Е. Б., Стрюкова Н. М. 128  
ЭФФЕКТИВНЫЙ СПОСОБ ОСВОБОЖДЕНИЯ ПОСАДОЧНОГО  
МАТЕРИАЛА МЯТЫ ОТ МЯТНОГО КЛЕЩА

**ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ**

Калафатов Э. Т., Полякова Н. Ю., Горб Н. Н. 137  
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА СУШКИ  
ЛЕПЕСТКОВ ЧАЙНОЙ РОЗЫ НА ГЕЛИОСУШИЛКЕ



CONTENTS

**GENERAL BIOLOGY**

- Alekseev I., Neaman A., Lizardi N., Mondaca P., Aguilar M. 9  
ASSESSMENT OF POTENTIAL HEALTH RISK DUE TO CONSUMPTION OF  
VEGETABLES GROWN NEAR A COPPER SMELTER IN CENTRAL CHILE
- Bogoutdinov D. Z., Kastalyeva T. B., Girsova N. V. 15  
PHYTOPLASMA DISEASES ARE A SERIOUS THREAT TO RUSSIAN CROP  
PRODUCTION. REVIEW
- Pyrkin V. O., Khapchaeva S. A., Didovich S. V., Zotov V. S. 35  
INFLUENCE OF COMPLEX BIOPREPARATES ON THE SOIL  
MICROBIOME
- Chaikovskaya L. A., Ovsienko O. L., Baranskaya M. I., Klyuchenko V. V., Lipieva N. N. 46  
THE IMPACT OF MICROBIAL PREPARATION ON THE CONTENT OF  
WATER SOLUBLE FORMS OF COPPER IN THE RHIZOSPHERE OF  
WINTER WHEAT AND GRAIN QUALITY

**AGRONOMY**

- Lebed D. V., Voloshin M. I., Bepalov E. A., Kostenkova E. V. 54  
GUAR (*CYAMOPSIS TETRAGONOLOBA* L.) SEEDS PURIFICATION AND  
SORTING
- Menkina E. A., Kuprichenkov M. T. 64  
SEASONAL DYNAMICS OF BIOLOGICAL ACTIVITY IN AGRO-AND  
BIOGENOUS SOILS OF STAVROPOL KRAI
- Moiseev K. G., Terleev V. V., Kholokhorenko M. V. 76  
APPLICATION OF FRACTAL FRACTION MODEL (PSF) FOR PHYSICAL  
MODELING OF WATER-RETENTION CAPACITY OF SOIL
- Myagkih E. F., Marchenko M. P., Novikov I. A. 89  
COMPARATIVE ANALYSIS OF *ORIGANUM VULGARE* L. HYBRIDES  
ACCORDING TO THE COMPLEX OF CHARACTERISTICS
- Prakhova T. Ya., Prakhov V. A. 96  
INTRODUCTION OF THE CULTURE OF *GUIZOTIA ABYSSINICA* CASS IN  
THE MIDDLE VOLGA REGION
- Skipor O. B., Babanina S. S., Popova A. A., Zolotylov V. A., Zolotylova O. M. 103  
ECONOMICALLY REASONABLE METHOD FOR OBTAINING LAVENDER  
SEEDLINGS OF SINEVA VARIETY
- Skipor O. B., Savchenko M. V., Umanets N. N. 110  
EFFICIENCY OF DIFFERENT PLANT GROWTH STIMULANTS IN THE  
TECHNOLOGY OF GROWING NARROW-LEAVED LAVENDER UNDER  
THE CONDITIONS OF THE FOOTHILL ZONE OF THE CRIMEA
- Tevfik A. Sh., Yegorova N. A., Zagorskaya M. S. 118  
PECULIARITIES OF *THYMUS VULGARIS* L. EXPLANTS MORPHOGENESIS  
AT THE FIRST STAGE OF CLONAL MICROPROPAGATION

Shulga E. B., Stryukova N. M. 128  
EFFECTIVE WAY TO PREVENT MINT PLANTING MATERIAL FROM MINT MITE

**PROCESSES AND MACHINES OF AGROENGINEERING SYSTEMS**

Kalafatov E. T., Polyakova N. Yu., Gorb N. N. 137  
EXPERIMENTAL STUDIES OF THE PROCESS OF DRYING *ROSA ODORATA*  
PETALS IN THE SOLAR DRYER

**ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ**  
**GENERAL BIOLOGY**

DOI 10.25637/TVAN.2018.02.01.

UDC 581.9

Alekseev I.<sup>1</sup>, Neaman A.<sup>2</sup>, Lizardi N.<sup>2</sup>, Mondaca P.<sup>2</sup>, Aguilar M.<sup>2</sup>

**ASSESSMENT OF POTENTIAL HEALTH RISK DUE TO CONSUMPTION OF VEGETABLES GROWN NEAR A COPPER SMELTER IN CENTRAL CHILE**

<sup>1</sup>Saint Petersburg State University; <sup>2</sup>Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

**Summary.** *It is known that the consumption of vegetables grown in mining areas could be a source of intake of potentially toxic elements. Accordingly, this study aimed to compare concentrations of arsenic and copper in edible parts of vegetables grown in a proximity to a copper smelter and in a control area, and compare the potential children health risks of the consumption of vegetables from both areas. Alimentary habits of infants (age of 1-5 years old) were determined through one-year-period surveys. The most consumed vegetables are potato, lettuce and carrot (consumption over 10 kg of fresh weight year<sup>-1</sup>). Leafy vegetables showed a higher capacity to accumulate As in comparison to underground vegetables. Among underground vegetables, only carrot exhibited As concentration in edible tissues above the limit of detection (0.008 mg kg<sup>-1</sup>). Values of HQ showed a wide difference between mining and control areas only for As (11 versus 60% of the risk limit). This increase was mainly related to lettuce since it has both high concentration of As and high consumption in the studied scenario. In contrast of As intake, HQ-values for Cu were similar between the mining and the control area. Only a combination of high concentration of elements in a particular vegetable and high consumption of this vegetable resulted in high hazard quotient (e.g. lettuce and carrot). However, there was no health risk associated with vegetable consumption in neither the mining nor the control area, since none of the hazard quotient values surpassed 1.0.*

**Keywords:** *copper, arsenic, lettuce, cabbage, chard, potato, carrot, beetroot, risk, health.*

### **Introduction**

Human exposure to potentially toxic elements (PTE) has been a subject of great concern worldwide. If PTE are present in excessive concentrations, they might be hazardous to human health [1]. Specifically, several studies have reported that the influence of mining activities may increase PTE in soils [2]. Once in soils, PTE may potentially be accumulated in vegetable tissues and, consequently, enter the human food chain [3]. Thus, the consumption of vegetables grown in mining areas has been shown to be the main source of PTE intake in several locations [4, 5].

The Puchuncaví valley in the coastal area of central Chile has been exposed to massive atmospheric contamination with sulfur dioxide and PTE-rich particulate matter due to emissions from the Ventanas copper smelter [6]. In order to assess the potential impact of such emissions on the food security, the potential human health risk through vegetable consumption should be determined for a mining area and for a control area without mining activities [7]. In this way, results would allow discerning the real enrichment effect of mining activity on PTE human exposure.

**Objective of the article** – compare concentrations of arsenic and copper in edible parts of different vegetables cultivated in soils near a copper smelter and in a control area, and compare the potential human health risk of the consumption of vegetables coming from both areas.

### Materials and methods

Location of the study. We studied areas in close proximity to the Ventanas copper smelter (which will be referred to as “mining area”) and areas that were not affected by the smelter (which will be referred to as “control area”) (Figure 1). The average distance from the smelter to the mining and control areas was 3.8 and 10 km, respectively. The study was carried out from October 2016 until January 2017. Four contaminated sites (in the proximity to the Ventanas copper smelter) represented the mining area, while two uncontaminated sites (away from the Ventanas copper smelter) represented the control area. Both areas were comparable since they exhibited similar soil-climatic characteristics, such as textural class (sandy loam), moderately alkaline soil pH, rainfall rate and temperature.



**Figure 1 – Geographical location of the studied sites**

Studied vegetables. Only leafy vegetables – lettuce (*Lactuca sativa* L.), chard (*Beta vulgaris* L. var. *cicla* L.) and cabbage (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* L.) – and underground vegetables – potato (*Solanum tuberosum* L.), beetroot (*Beta vulgaris* L. var. *crassa* (Alef.) J. Helm), and carrot (*Daucus carota* L. var. *sativus* (Hoffm.) – were considered in our investigation. According to our previous study, bulb and fruit vegetables exhibited low accumulation capacity of PTE. Thereby, they were not considered.

Once in the laboratory, edible tissues of vegetables were prepared for analyses. Special care was taken to remove external soil or dust contamination on the surface of vegetables. Leafy vegetables were thoroughly washed in the following sequence: tap water, 0.1 M HCl, distilled water, 0.05 M EDTA, distilled water, and again distilled water [8]. On the other hand, underground vegetables were washed with tap water, and then were peeled and washed with distilled water. Then, samples were cut into pieces, put into paper bags, and dried in an oven at 70 °C for 48 h. Later, samples were ground, sieved, and homogenized.

Concentrations of metals were measured using standard methods [9]. A standard reference material (NIST SRM 1570a – spinach leaves) was taken through the entire process with experimental values being within 10 % of the certified values.

Data analyses. The enrichment factor for PTE in soil and vegetables were calculated by dividing the PTE concentration in the mining area by the PTE concentration in the control area [10].

Risk estimation. Exposure to PTE was quantified using an indirect quantification method: chronic daily intake (DI) [10], which determined exposure by relating quantity of PTE ingested via vegetable consumption, body weight and consumption habits (17 children

were surveyed for this purpose). This exploratory study, conducted with a small number of children, will define the necessity of further research in other regions of Chile.

Once determined, DI is compared with the reference dose (RfD) (0.0003 and 0.04 mg kg<sup>-1</sup> for As and Cu, respectively). RfD-values represent the maximum allowed PTE intake. Then, hazard quotient (HQ) was calculated by dividing DI by RfD, taking into account that only if HQ is above 1, there may be a potential risk [10].

### Results and their discussion

Potentially toxic elements in edible tissues. Average concentrations of PTE in the edible parts of vegetables are shown in Tables 1 and 2 (in dry weight basis). In general, concentrations of PTE were higher for vegetables grown in the mining area than those grown in the control area. Analysis of EF shows that As holds the highest differences between mining and control areas, while Cu holds relatively similar values between both areas. Leafy vegetables showed a higher capacity to accumulate As in comparison to underground vegetables. Among underground vegetables, only carrot exhibited As concentration in edible tissues above the limit of detection (0.008 mg kg<sup>-1</sup>). However, As concentration in carrot grown in mining area is similar to that of lettuce and chard grown in the control area.

**Table 1 – Potentially toxic element concentration in edible tissues of leafy vegetables and the enrichment factor of PTE between the mining area and the control area (2016-2017)**

Data	Potentially toxic elements (PTE)	Species of vegetable		
		Lettuce	Chard	Cabbage
Average PTE concentration in vegetables from the control area (C), mg kg <sup>-1</sup> dry weight	As	0.23 ± 0.10	0.13 ± 0.02	< 0.008
	Cu	20.00 ± 3.60	13.00 ± 1.90	4.20 ± 0.90
Average PTE concentration in vegetables from the mining area (MA), mg kg <sup>-1</sup> dry weight	As	0.86 ± 0.49	0.35 ± 0.21	0.056 ± 0.022
	Cu	31.00 ± 15.00	37.00 ± 17.00	6.80 ± 2.00
Enrichment factor (MA/C)	As	3.7*	2.7*	>6.9**
	Cu	1.6	2.8*	1.6*

*Note.* \* Statistically significant difference between mining and control areas according to Mann-Whitney test; \*\* Statistical differences were not determined since As concentration in vegetables were below the limit of detection in the control area.

**Table 2 – Potentially toxic element concentration in edible tissues of underground vegetables and the enrichment factor of PTE between the mining area and the control area (2016-2017)**

Data	Potentially toxic elements (PTE)	Species of vegetable		
		Potato	Carrot	Beetroot
Average PTE concentration in vegetables from the control area (C), mg kg <sup>-1</sup> dry weight	As	<0.008	<0.008	<0.008
	Cu	10 ± 1.0	9.0 ± 1.0	8.0 ± 2.9
Average PTE concentration in vegetables from the mining area (MA), mg kg <sup>-1</sup> dry weight	As	<0.008	0.140 ± 0.036	<0.008
	Cu	10 ± 2.4	11 ± 2.3	5.5±2.6
Enrichment factor (MA/C)	As	-**	> 18**	-**
	Cu	1.0	1.2	0.69

*Note.* \* Statistically significant difference between mining and control areas according to Mann-Whitney test; \*\* Statistical differences were not determined since As concentration in vegetables were below the limit of detection in the control area.

Daily intake of PTE by vegetable consumption. According to US EPA [6], human exposure to PTE depends not only on PTE concentration in vegetables but also on the quantity consumed. Thereby, alimentary habits of infants (age of 1–5 years old) from Puchuncaví were determined (Table 3). Based on the results of the survey, the average

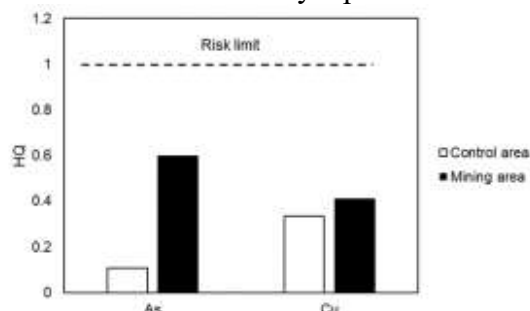
exposure time was 2.5 years (equivalent to 929 days) and the average body weight was 16 kg. The most consumed vegetables are potato, lettuce and carrot (consumption over 10 kg of fresh weight year<sup>-1</sup>).

**Table 3 – Mean vegetable consumption and alimentary habits of infants from the Puchuncaví valley (2016-2017)**

Ingestion rate (kg of fresh weight year <sup>-1</sup> ) of vegetables, based on the survey					
Leafy vegetables			Underground vegetables		
Lettuce	Chard	Cabbage	Potato	Carrot	Beetroot
14.0	1.7	3.2	18.0	12.0	2.9

Hazard quotient. Potential human health risk of PTE intake through consumption of vegetables from both areas is shown in Figure 2. Values of HQ showed a wide difference between the exposure and control areas only for As (11 % versus 60 % of the risk limit). This increase was mainly related to lettuce since it has both high concentration of As and high consumption in the studied scenario (see Tables 1 and 2).

In contrast of As intake, HQ-values for Cu were similar between the mining and the control area. Intake of Cu by children from Puchuncaví is mainly attributed to potato. Potato did not show a high concentration of Cu (see Table 1), but its high consumption implies a high daily intake. Therefore, local alimentary habits are a key factor to accurately estimate the intake of PTE. On the other hand, the similarity of the total hazard quotient for Cu in Figure 1 highlights the necessity of assessing both mining and control areas. If PTE exposure is quantified only for a mining area, as usual in literature [11], results may wrongly lead to think that all the daily intake of PTE is caused by a presumed contamination source.



**Figure 2 – Hazard quotient (HQ) of the consumption of the vegetables for each potentially toxic element in infants from the Puchuncaví valley**

In terms of risk assessment, results show that PTE exposure through vegetable consumption in the studied population is not a risk to human health in both areas. However, other PTE exposure sources as dust, soils, water and other food can increase the total hazard quotient. Thus, other environmental media must be considered in future studies. Likewise, future research should consider other age groups and other locations in Chile.

The topic of the research is relevant since several international studies have concluded that the intake of vegetables grown in contaminated areas may be a route of exposure to PTE, representing a potential human health risk [12–14].

### Conclusions

Accordingly to the objectives, the conclusions are as follow: leafy vegetables showed a higher capacity to accumulate As in comparison to underground vegetables.

Among underground vegetables, only carrot exhibited As concentration in edible tissues above the limit of detection (0.008 mg kg<sup>-1</sup>). Values of HQ showed a wide difference between mining and control areas only for As (11 % versus 60 % of the risk limit). This increase was mainly related to lettuce since it has both high concentration of As and high



consumption in the studied scenario. In contrast of As intake, HQ-values for Cu were similar between the mining and the control area.

Only a combination of high concentration of elements in a particular vegetable and high consumption of this vegetable resulted in high hazard quotient (e.g. lettuce and carrot). However, there was no health risk associated with vegetable consumption in neither the mining nor the control area, since none of the hazard quotient values surpassed 1.0.

*This research was funded by the FONDECYT project 1160018. Research stay of Ivan Alekseev in Chile was funded by the Saint Petersburg State University travel grant 1.42.959.2016.*

### References

1. US EPA Exposure Factors Handbook: 2011 Edition; EPA/600/R-090/052F. 1466 p. [Electronic resource]. Access point: <https://cfpub.epa.gov/ncea/risk/recordisplay.cfm?deid=236252>. reference's date (1.07.2016).
2. Aguilar R., Hormazábal C., Gaete H., Neaman A. Spatial distribution of copper, organic matter and pH in agricultural soils affected by mining activities // Journal of Soil Science and Plant Nutrition. 2011. Vol. 11. P. 125–144.
3. Ahumada I., Escudero P., Ascar L., Mendoza J., Richter P. Extractability of arsenic, copper, and lead in soils of a mining and agricultural zone in central Chile // Communications in Soil Science and Plant Analysis. 2004. Vol. 35. P. 1615–1634.
4. Hu W., Chen Y., Huang B., Niedermann S. Health risk assessment of heavy metals in soils and vegetables from a typical greenhouse vegetable production system in China // Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal. 2014. Vol. 20. P. 1264–1280.
5. Lion G. N., Olowoyo J. O. Population health risk due to dietary intake of toxic heavy metals from Spinacia oleracea harvested from soils collected in and around Tshwane, South Africa // S. Afr. J. Bot. 2013. Vol. 88. P. 178–182.
6. Environmental Consultancy. Trace metal distribution in the soils of the Puchuncavi Valley near the Ventanas copper smelter, Region V, Chile. Environmental Consultancy. University of Sheffield: Sheffield, UK. 1996. 38 p.
7. Neaman A., Lizardi N., Mondaca P. Evaluación de hortalizas como medio de exposición humana a arsenico y cobre en la comuna de Puchuncaví // XIII Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Santiago, Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile, 2017. [Electronic resource]. Access point: <http://congresosuelo.uc.cl/wp-content/uploads/2017/11/Detalle-Programa.pdf> (reference's date 02.09.2017).
8. Problems of bioindication and the necessity of standardization / ed. by Steubing L, Jäger H // Monitoring air pollutants by plants. The Netherlands: Dr. Junk Publishers, 1982. P. 19–27.
9. Kalra Y. Handbook of reference methods for plant analysis. CRC Press: Boca Raton, FL, USA. 1997. 320 p.
10. US EPA. Risk Assessment Guidance for Superfund. Volume I: Human Health Evaluation Manual (Part A). U.S. Environmental Protection Agency. 1989. P. 31.
11. Shen F., Liao R., Ali A., Liao R., Zhang Z. Spatial distribution and risk assessment of heavy metals in soil near a Pb/Zn smelter in Feng County, China // Ecotoxicology and Environmental Safety. 2017. Vol. 139. P. 254–262.
12. Hellström L., Persson B., Brudin L., Grawe KP., Oborn I., Järup L. Cadmium exposure pathways in a population living near a battery plant // Science of The Total Environment. 2007. Vol. 373. P. 447–455.
13. Qu C., Ma Z., Yang J., Liu Y., Bi J., Huang L. Human exposure pathways of heavy metals in a lead-zinc mining area, Jiangsu Province, China // PLoS One. 2012. Vol. 7. [Electronic resource]. Access point: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0046793> (reference's date 02.09.2017).
14. Zhuang P., Lu H., Li Z., Zou B., McBride M.B. Multiple exposure and effects assessment of heavy metals in the population near mining area in South China // PLoS One. 2014. Vol. 9. [Electronic resource]. Access point: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0094484> (reference's date 02.09.2017).

УДК 581.9

Алексеев И., Неаман А., Лизарди Н., Мондака П., Агилар М.  
**ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛЬНОГО РИСКА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ ОТ  
ПОТРЕБЛЕНИЯ ОВОЩЕЙ, ВЫРАЩЕННЫХ ВБЛИЗИ  
МЕДЕПЛАВИЛЬНОГО КОМБИНАТА, В ЦЕНТРАЛЬНОМ ЧИЛИ**

**Реферат.** Цель исследования – сравнение концентраций мышьяка и меди в съедобных частях овощей (латук (*Lactuca sativa* L.), мангольд (*Beta vulgaris* L. var. *cicla* L.), капуста (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* L.), картофель (*Solanum tuberosum* L.), свекла (*Beta vulgaris* L. var. *crassa* (Alef.) J. Helm), морковь (*Daucus carota* L. var. *sativus* (Hoffm.)), выращенных в непосредственной близости от медеплавильного комбината,



с концентрациями мышьяка и меди в овощах, выращенных контрольной зоне, и анализ потенциальных рисков для здоровья детей при потреблении овощей из обеих зон. Пищевые привычки детей (возраст 1-5 лет) определяли в ходе исследования в 2016-2017 гг. Самые потребляемые овощи – картофель, салат-латук и морковь (потребление более 10 кг свежего веса в год<sup>-1</sup>). Овощи, у которых использовали листья, показали более высокую способность к накоплению мышьяка по сравнению с овощами, у которых использовали подземные части. Среди последних только для моркови концентрация мышьяка в съедобных тканях была выше предела обнаружения (0,008 мг кг<sup>-1</sup>). Значения коэффициента риска показали значительные различия между двумя зонами исследования только для мышьяка (11 против 60 % от лимита риска). В основном, это увеличение обусловлено салатом-латуком, так как растение имеет высокую концентрацию мышьяка и значительные объемы потребления. В отличие от поглощения мышьяка, значения коэффициента опасности для меди были сходными для зоны медеплавильного комбината и контрольной зоны. Только сочетание высокой концентрации элементов в определенном овоще и высокого потребления этого овоща привело к высокому риску (например, салат-латук и морковь). Тем не менее, не обнаружено никакого риска для здоровья, связанного с потреблением овощей ни в зоне медеплавильного комбината, ни в контрольной зоне, поскольку ни одно из значений коэффициента опасности не превышало 1,0.

**Ключевые слова:** медь, мышьяк, салат-латук, капуста, мангольд, картофель, морковь, свёкла, риски для здоровья.

Алексеев Иван, студент магистратуры, Санкт-Петербургский государственный университет; 199034, Россия, г. Санкт-Петербург, Университетская набережная, 7/9; e-mail: alekseevivan95@gmail.com.

Неаман Александр, профессор, Папский католический университет Вальпараисо; 2260000, Чили, Кийота, Касилла, 4-Д; e-mail: alexander.neaman@pucv.cl.

Лизарди Нило, студент магистратуры, Папский католический университет Вальпараисо; 2260000, Чили, Кийота, Касилла, 4-Д; e-mail: nilolizardi@gmail.com.

Мондака Педро, студент магистратуры, Папский католический университет Вальпараисо; 2260000, Чили, Кийота, Касилла, 4-Д; e-mail: pt.mondaca@gmail.com.

Агилар Марсело, студент магистратуры, Папский католический университет Вальпараисо; 2260000, Чили, Кийота, Касилла, 4-Д; e-mail: marceloaguilarc@gmail.com.

Alekseev Ivan, graduate student, Saint Petersburg State University; 199034, Russia, Saint Petersburg, Universitetskaya Emb., 5/7; e-mail: alekseevivan95@gmail.com.

Neaman Alexander, PhD (Pedology), Pontificia Universidad Católica de Valparaíso; 2260000, Chile, Quillota, Casilla, 4-D; e-mail: alexander.neaman@pucv.cl.

Lizardi Nilo, graduate student, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso; 2260000, Chile, Quillota, Casilla, 4-D; e-mail: nilolizardi@gmail.com.

Mondaca Pedro, graduate student, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso; 2260000, Chile, Quillota, Casilla, 4-D; e-mail: pt.mondaca@gmail.com.

Aguilar Marcelo, graduate student, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso; 2260000, Chile, Quillota, Casilla, 4-D; e-mail: marceloaguilarc@gmail.com.

Дата поступления в редакцию – 10.06.2017.

Дата принятия к печати – 30.11.2017.

Богоутдинов Д. З.<sup>1,2</sup>, Кастальева Т. Б.<sup>2</sup>, Гирсова Н. В.<sup>2</sup>  
**ФИТОПЛАЗМЕННЫЕ БОЛЕЗНИ – СЕРЬЕЗНАЯ ОПАСНОСТЬ ДЛЯ  
РАСТЕНИЕВОДСТВА РОССИИ. ОБЗОР**

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия»;

<sup>2</sup>ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии»

**Реферат.** В работе представлена характеристика фитоплазмозов и их возбудителей – фитоплазм – самых мелких, лишенных клеточной стенки, бактерий, неспособных расти на искусственных питательных средах. Особое внимание уделено фитоплазмам, распространенным в России. К 2017 г. известны 40 видов фитоплазм из 33 групп и 140 подгрупп (по классификации на базе последовательности консервативного гена, кодирующего 16S рРНК). Идентифицировано несколько факторов вирулентности, индуцируемых фитоплазмами, с которыми связано появление характерных симптомов заболевания. В России в течение 2006–2017 гг. проведен мониторинг распространенности фитоплазмозов экономически значимых сельскохозяйственных культур не только по симптомам заболевания, но и по наличию в растениях фитоплазменной ДНК и ее таксономической принадлежности, которые определяли с использованием молекулярно-генетических методов. В 2012–2013 гг. в Среднем Поволжье фитоплазмы обнаружены в растениях озимой пшеницы, ярового ячменя, кормовых и дикорастущих злаков. Наиболее опасна карликовая кустистость озимой пшеницы, распространение которой в Среднем Поволжье в последние десятилетия составило 10–20 %, продуктивность больных растений снижалась на 92 %. В 2006–2013 гг. на картофеле в восьми экономических районах РФ выявлены фитоплазмы, принадлежащие к пяти таксономическим группам: 16SrI, 16SrII, 16SrIII, 16SrVI, 16SrXII. На юге европейской части страны наибольшую опасность для пасленовых представляет фитоплазма группы столбура (16SrXII), способная поражать до 90–100 % растений. В 2009–2013 гг. фитоплазменные болезни, из которых наиболее вредоносна ведьмина метла люцерны, обнаружены у 22 видов бобовых растений. В Поволжье и других южных регионах, она приводила к уменьшению веса зеленой массы и семян люцерны более чем на 50 %. Распространенность фитоплазмозов яблони, груши и винограда в районах их возделывания может достигать 70–80 %, а вредоносность – превышать 40–80 %. Широкое распространение и высокая вредоносность фитоплазмозов требуют расширения исследований их эпифитотологии, проведения молекулярно-генетической диагностики патогенов в организациях, производящих посадочный материал, и включения фитоплазм в систему сертификации посадочного материала.

**Ключевые слова:** фитоплазма, фитоплазмозы, 16Sr группы/подгруппы фитоплазм, насекомые-переносчики, злаковые, картофель, бобовые, овощные, плодово-ягодные культуры, виноград.

### Введение

Первые исследования по вирусным и вирусоподобным заболеваниям, в том числе фитоплазмозам, в России начали проводить в Крыму. Поэтому Крым по праву может называться прародиной отечественной фитовирусологии. Изучая мозаичную болезнь, поразившую плантации табака в Крыму в 1887 г., Д. И. Ивановский в 1892 г. (125 лет назад) пришел к выводу, что она вызвана неизвестным ранее возбудителем, проходящим через бактериальные фильтры и неспособным расти на искусственных

питательных средах. Впоследствии этот возбудитель назван вирусом, а открытие заболеваний, вызываемых вирусами, приняло лавинообразный характер.

В 1934 г. также в Крыму определена инфекционная природа другой болезни, известной как столбур томата [1], возбудитель которой – очень мелкая бактерия, лишенная клеточной стенки, также неспособная расти на питательной среде, и по этой причине долгое время считавшаяся вирусом. Истинная природа такого рода возбудителей была открыта только в 1967 году японскими исследователями [2], а окончательное их наименование – ‘*Candidatus phytoplasma*’ – утвердилось после нескольких переименований («микоплазма-подобный организм», а затем «фитоплазма») [3]. Название болезни – «столбур», от укр. «стовбур» (ствол) – приобрело международный статус и стало использоваться для обозначения фитоплазм, имеющих генетическое родство и относящихся к группе 16SrXII [4, 5].

Болезням, вызываемым вирусами и фитоплазмами, а также вириоидами, многие годы не уделяли должного внимания, поскольку на первом месте стояла борьба с грибными и бактериальными болезнями. Но по мере того, как появлялись эффективные средства борьбы с патогенными грибами и бактериями, выяснилось, что вирусы и вирусоподобные организмы, к каковым традиционно относили фитоплазменные и вириодные болезни, наносят существенный урон продуктивности и качеству растениеводческой продукции [6].

Согласно эволюционным и биоценотическим представлениям, вирусы и вирусоподобные организмы по видовому и количественному составу могут быть самыми распространенными компонентами биосферы. С потеплением климата, изменяется видовой состав доминирующих патогенов, способных вызывать эпифитотийные ситуации. На аридных территориях преобладающими и трудно контролируемыми становятся именно вирусные, вириодные и фитоплазменные инфекции, в то время как грибные и бактериальные сравнительно легко диагностируются и контролируются с помощью доступных и распространенных методов [6].

Наибольшее распространение и вредоносность такого рода инфекций наблюдается в южных регионах. Это обусловлено разнообразием патогенов, их резерваторов и переносчиков, а также большим количеством поколений переносчиков и благоприятными условиями осуществления тактик их жизненного цикла. Глобальное потепление, широкий обмен семенным и посадочным материалом, импорт свежих овощей и фруктов, туризм приводят к расширению ареалов этих заболеваний [6]. А из-за отсутствия специальных знаний об этих патогенах, сложности их диагностики, отсутствия в традиционных технологиях специальных мероприятий по их ограничению, а также биологических ограничителей, при распространении этих болезней в новые районы могут отмечаться более высокие уровни вредоносности. Для них могут быть характерны латентность, наличие смешанных инфекций, нетипичные симптомы и маскировка под симптомы других инфекций и неблагоприятных неинфекционных факторов. В таких случаях для выяснения этиологии заболевания требуется применение комплекса диагностических методов [6, 7].

В настоящей работе из всего комплекса так называемых «вирусоподобных» организмов мы рассмотрим фитоплазмы и фитоплазменные болезни.

Фитоплазмы – фитопатогенные бактерии, которые при переходе к паразитическому образу жизни потеряли 75 % генов своих предковых форм рода *Bacillus* и *Clostridium*. Их размеры, как правило, не превышают 1000 нм, а геномы – самые маленькие среди известных клеточных организмов (530–1350 kb). Фитоплазмы лишены клеточной стенки, что обуславливает их полиморфность и неспособность

выживать вне организма хозяина. Фитоплазмы заселяют только флоэмные ткани растений и слюнные железы переносчиков отряда Hemiptera главным образом семейства Cicadellidae (цикадки), Fulgoridae (носатки), Psyllidae (листоблошки) и реже – Miridae (клопы) [8, 9]. Фитоплазмы относят к некультивируемым или трудно культивируемым бактериям. В соответствии с современной классификацией они принадлежат к типу Tenericutes, классу Mollicutes, порядку Acholeplasmatales, семейству Achoplasmataceae, роду ‘*Candidatus Phytoplasma*’ [3].

Фитоплазмы вызывают болезни нескольких сотен видов растений, в том числе многих экономически важных продовольственных, овощных и плодово-ягодных культур; декоративных, древесных и кустарниковых растений. Признаки фитоплазмозов характерны для системных заболеваний растений группы желтух и характеризуются изменением окраски, спектр которой смещается чаще всего в желто-красную область. Характерна деформация органов, измельчение и скручивание листьев. К типичным симптомам относятся виресценция, филлодия (развитие листьев вместо цветков), стерильность цветков, пролиферация пазушных почек, в результате чего образуются так называемые «ведьмины метлы», происходит удлинение или укорочение междоузлий и отставание в росте [6, 7, 10].

Фитоплазмы попадают в растение при кормлении насекомых-переносчиков соком флоэмы и из мест кормления системно распространяются по растению. Основные переносчики фитоплазмы – насекомые семейства Cicadellidae (цикадки), Fulgoridae (носатки), и Psyllidae (листоблошки). Круг растений-хозяев фитоплазм в большой степени зависит от кормовых предпочтений их насекомых-переносчиков [10]. Фитоплазмы могут перезимовывать в насекомых-переносчиках или в многолетних растениях. Есть доказательства трансвариальной (через яйца) передачи фитоплазм у некоторых насекомых [11–14]. Кроме насекомых-переносчиков, распространению фитоплазм способствуют вегетативные способы размножения зараженного посадочного материала, не исключается сохранение их в культуре тканей, а также перезаражение может осуществлять растение-паразит повилика *Cuscuta* sp. [15]. В лабораторных исследованиях с использованием молекулярных методов установлена возможность передачи фитоплазм семенами некоторых растений [16].

Как было сказано, из всех фитопатогенных бактерий фитоплазмы обладают самым маленьким геномом, тем не менее многие гены «домашнего хозяйства» присутствуют у них в нескольких повторностях. Дублирование генов характерно для фитоплазм, например, в геноме фитоплазмы желтухи лука (OY) 18 % генетического материала представлено множественными резервными копиями только пяти генов, имеющих у других Mollicutes в единственном экземпляре. Фитоплазменные геномы содержат относительно большое количество транспозонов и вставок, которые являются уникальными для этих бактерий и имеют сходные последовательности [17].

Патологические изменения в растениях под действием фитоплазм связаны не только с механической закупоркой ситовидных элементов флоэмы. Показано, что фитоплазмы влияют на экспрессию генов растения. В 2009 г. впервые идентифицирован фактор вирулентности фитоплазмы – белок, который индуцировала фитоплазма, вызывающая пожелтение лука, названный “tengu-su inducer” (TENGU)” [18]. Он вызывал образование характерных симптомов – ведьмину метлу и карликовость. Экспрессия этого фактора в растениях арабидопсиса *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh., полученная с помощью трансгенеза, вызывала стерильность мужских и женских цветков [19]. На N-конце TENGU имеется сигнальный пептид, после отщепления которого зрелый белок содержит всего 38 аминокислот. TENGU транспортируется в другие клетки в том числе в клетки верхушечной и пазушных меристем.



Предполагалось, что он ингибирует как ауксиновый, так и жасмоновый метаболические пути, воздействуя таким образом на развитие растений. Неожиданно оказалось, что 11 аминокислот на N-конце зрелого белка запускают механизм развития симптомов у растения табака *Nicotiana benthamiana* Domin. TENGU подвергается *in vivo* процессу протеолиза сериновой протеазой растения. Вероятно, фрагмент из 11 аминокислот на N-конце белка непосредственно индуцирует наблюдаемые симптомы [20].

Под воздействием фитоплазм в растениях блокируются факторы транскрипции – домены TSP белков, обычно регулирующие нормальный рост и развитие растений и контролирующие экспрессию генов липоксигеназы, необходимой для биосинтеза гормонов жасмонатов. Жасмонаты выявляются в цветках, перикарпе и в хлоропластах, ингибируют прорастание семян в стадии покоя и стимулируют прорастание спящих, влияют на накопление запасных белков и оказывают влияние на образование клубней, могут ингибировать гены, участвующие в фотосинтезе и вызывать хлорозы. Их содержание связано с созреванием плодов и накоплением каротиноидов, а также с активизацией многих генов защитной системы растений, в том числе устойчивости растений к насекомым и патогенам. В экспериментах на модельных растениях арабидопсиса показано, что уровень жасмонатов снижался в инфицированных фитоплазмой растениях арабидопсиса и в растениях, которые трансгенно экспрессировали SAP11 – эффектор фитоплазмы AY-WB. Подавление производства жасмонатов выгодно фитоплазмам, поскольку жасмонаты участвуют в защитных механизмах растений против растительноядных насекомых, таких как цикадки. Так, цикадки *Macrostelus quadrilineatus* Forbes. откладывали на 30% больше яиц на растения, которые трансгенно экспрессировали SAP11, чем на контрольные растения, и на 60% больше яиц на растения, инфицированных AY-WB [21]. Распространение фитоплазм в природе всецело зависит от насекомых-переносчиков. Благодаря снижению производства жасмонатов, SAP11 делает растения более привлекательными для цикадок и стимулирует их к откладыванию большего количества яиц на инфицированные фитоплазмами растения, гарантируя, что вылупившиеся личинки, питаясь на зараженных растениях, станут переносчиками фитоплазмы [21].

Был открыт еще один фактор вирулентности фитоплазмы – белок SAP54, ответственный за преобразование цветков в листья, что показано на растении арабидопсиса, инфицированного фитоплазмой из группы желтухи астр (*Aster yellows group*) [22]. Оказалось, что SAP54 действует путем деградации белков, регулирующих важные процессы развития в цветковых растениях. Эти белки представляют собой высоко консервативные факторы транскрипции (MADS-box transcription factors – MTFs), уменьшение их активности за счет деградации с помощью SAP54-приводит к отставанию в развитии цветка и стерильности растения. Процесс деградации требует наличия RAD23 – белка, который вовлекает факторы транскрипции в механизм деградации белков. В результате стерильные растения, образующие вместо цветков листья, становятся более привлекательными для насекомых, делая фитоплазмы, по мнению авторов, главными манипуляторами в мире паразитов, принуждающих растение-хозяина улучшать их собственное выживание и воспроизводство [23].

Однако есть мнение, что образование листоподобных структур вместо цветов – это побочное действие SAP54 и фитоплазм, а первичная их роль в привлечении цикадок не связана с этим, а может быть примером неадаптивного фенотипа, индуцированного паразитами [24].

Растения, зараженные фитоплазмами, более интенсивно поражаются патогенами грибной природы, например, яблоня – мучнистой росой и паршой,

картофель и томаты – альтернатиозной пятнистостью листьев, возбудителями корневой гнили и сосудистого увядания, люцерна и зерновые – возбудителями корневых гнилей [6, 25, 26]. Также отмечена комплексная инфекция фитоплазм и фитоплазм с другими флоэмными бактериями [6].

Первые попытки идентификации и классификации фитоплазм основывались на их биологических свойствах, таких как симптомы, индуцируемые на инфицированных растениях, круг растений-хозяев и взаимоотношения с насекомыми-переносчиками [27]. С начала 1990-х годов стали проводить филогенетический анализ, позволивший создать классификацию фитоплазм, основанную на различиях в последовательности консервативного гена 16S рРНК, которые (различия) устанавливали с помощью карт полиморфизма длины рестрикционных фрагментов ДНК, амплифицированной с использованием специфических праймеров [5, 28]. По этой классификации все фитоплазмы на основании сходства их нуклеотидной последовательности объединяют в группы, которых к настоящему времени насчитывают более 30 [27]. Группы фитоплазм принято обозначать аббревиатурой 16Sr и соответствующей римской цифрой, например, 16SrI, 16SrII и т.д. Внутри групп фитоплазм различают подгруппы, при этом к обозначению группы добавляют прописную латинскую букву: 16SrI-A, 16SrI-B и т.д. Кроме того, для подгрупп существует особое обозначение – аббревиатура от названия болезни того вида растения, на котором это заболевание и соответствующая подгруппа фитоплазм впервые были обнаружены, например, болезнь клевера, вызванная фитоплазмой из подгруппы 16SrI-C, называется «филлодия клевера» (Clover phyllody) и обозначается буквами CPh [5, 29].

Фитоплазмы, относящиеся к одной и той же таксономической группе, определяемой на основании гена, кодирующего 16S рРНК, могут вызывать разные симптомы, в то же время разные фитоплазмы могут иметь сходные симптомы на одном и том же растении-хозяине или на различных растениях-хозяевах. Это вызывает необходимость искать более точные молекулярные маркеры, тесно связанные с патогенностью, и избегать отождествления фитоплазм на основании сходства симптоматики и видовой специфичности растения-хозяина [4, 29].

В ходе многолетних обследований (2006–2017 гг.), проведенных в Северном, Северо-Западном, Центральном, Центральном-Черноземном, Поволжском, Уральском, Северо-Кавказском и Западно-Сибирском регионах, выявлены признаки фитоплазменного поражения у растений более 500 видов из 50 семейств. Из образцов растений 130 видов, принадлежащих к 37 семействам, выделена тотальная ДНК, и с использованием специфических праймеров амплифицирована ДНК фитоплазмы. При этом выявлены фитоплазмы, относящиеся к 8 группам и 12 подгруппам [7].

Рассмотрим примеры фитоплазмозов основных групп культурных и дикорастущих растений, у которых они были выявлены в РФ и за рубежом.

**Фитоплазмозы злаковых.** Долгое время на зерновых злаках симптом карликовости связывали исключительно с вирусными заболеваниями. Примерами могут быть передаваемый тлями вирус желтой карликовости ячменя *Barley yellow dwarf virus*, вирус желтой карликовости злаков *Cereal yellow dwarf virus* и несколько вирусов, вызывающих карликовость зерновых и передающихся цикадками: джеммини-вирус карликовости пшеницы *Wheat dwarf virus*, вирус русской мозаики озимой пшеницы *Winter wheat Russian mosaic rhabdovirus*, вирус закукливания злаков *Siberian oats mosaic virus* [26].

В 2013 г. в образцах озимой пшеницы *Triticum aestivum* L. из Поволжского экономического района выявлена фитоплазма группы 16SrI подгруппы 16SrI-C, или филлодии клевера (Clover phyllody subgroup – CPh). Фитоплазма той же группы была

обнаружена в образцах ярового ячменя *Hordeum vulgare* L. и дикорастущих злаков – коостра безостого *Bromus inermis* Leyss., мятлика лугового *Poa pratensis* L., плевела многолетнего *Lolium perenne* L. и пырея ползучего *Elytrigia repens* L. Desv. ex Nevski. [26]. Аналогичное заболевание озимой пшеницы выявлено в Китае в 2010 г., возбудителем его была та же группа/подгруппа фитоплазм. Инфицированные растения имели более интенсивную зеленую с голубым оттенком окраску, вследствие чего болезнь назвали «голубая карликовость». Переносчик – полосатая цикадка *Psammotettix striatus* L. В США заболевание пшеницы вызывали фитоплазмы подгруппы 16SrI-B и 16SrI-L, переносимые астровой цикадкой *Macrosteles quadrilineatus* Forbes. [30].

В 2012 г. также в Самарской области фитоплазма подгруппы столбура, 16SrXII-A, выявлена у вейника наземного *Calamagrostis epigeios* L. и коостра безостого [26], а фитоплазма подгруппы 16SrXIV-A (Bermudagrass white leaf subgroup – BGWL) – у мятлика лугового [31].

В Крыму на кукурузе *Zea mays* L. обнаружена фитоплазма группы столбура 16SrXII-A [32]. Симптомы фитоплазменного поражения наблюдались и на других злаковых растениях: просе обыкновенном *Panicum miliaceum* L., сорго зерновом и веничном *Sorghum* sp., суданской траве *Sorghum sudanense* Jakushev., а также на сорных видах – резерваторах инфекции: просе сорном *Panicum miliaceum* subsp. *ruderales* (Kitag.). Tzvel., просе курином *Echinochloa crusgalli* (L.), щетиннике сизом *Setaria pumila* (Poir.) Roem & Schult, щетиннике зеленом *Setaria viridis* P. Beauv L., свинорое пальчатом *Cynodon dactylon* (L.) Pers., сорго алеппском (гумае) *Sorghum halepense* (L.) Pers., тростнике обыкновенном *Phragmites communis* Trin. и камыше озерном *Scirpus lacustris* L. [26].

За рубежом из различных культурных и диких злаков выделена ДНК фитоплазм, принадлежащих к самым разным группам: 16SrI, 16SrII, 16SrIII, 16SrIV, 16SrV, 16SrXI, 16SrXII, 16SrXIV, 16SrXXVI, 16SrXXVII. В Литве, как и в России, на культурных и диких злаках превалировала фитоплазма группы желтухи астр 16SrI. Она выявлена в овсе *Avena sativa* L., ячмене, тритикале × *Triticosecale* Wittm. & A. Camus, коостре безостом, овсянице тростниковой, мятлике луговом и райграсе многоукосном, при этом отмечено большое разнообразие подгрупп внутри группы 16SrI – идентифицированы подгруппы 16SrI-A, 16SrI-B, 16SrI-C и 16SrI-L [33-35]. В Сербии, как и в Крыму, на кукурузе обнаружена фитоплазма группы столбура 16SrXII-A и ее переносчики [36, 37], а в Америке на кукурузе и зерновых злаках – фитоплазма группы желтухи астр [38].

**Фитоплазмы картофеля.** Фитоплазмы картофеля *Solanum tuberosum* L. распространены во всех странах мира, где возделывают эту культуру. В восьми экономических районах РФ (Северный, Центральный, Северо-Западный, Центрально-Черноземный, Северо-Кавказский, Поволжский, Уральский и Западно-Сибирский) на картофеле выявлены фитоплазмы, принадлежащие к пяти таксономическим группам и восьми подгруппам. В период с 2006 по 2013 гг. 32,7 % проверенных образцов листьев картофеля, собранных во время цветения в Центральном экономическом районе, были инфицированы фитоплазмой группы желтухи астр – 16SrI (Aster yellows group), 30,3 % – фитоплазмой группы X-болезни – 16SrIII (X-disease group), 17,6 % – фитоплазмой группы пролиферации клевера – 16SrVI (Clover proliferation group) и 19,4 % фитоплазмой группы столбура – 16SrXII (Stolbur group). В 2009 г. несколько образцов из Центрального и Северного экономических районов содержали фитоплазму группы ведьминой метлы арахиса – 16SrII (Peanut witches' – broom group). Разнообразие фитоплазм, встречающихся в регионе, зависело от условий года: в отдельные годы в Центральном регионе можно было наблюдать наличие четырех групп фитоплазм, в другие – не более двух [4].



В Поволжском, Уральском и Северо-Кавказском экономических районах на картофеле чаще всего обнаруживали фитоплазму группы столбура, подгруппы 16SrXII-A и значительно реже – фитоплазму группы X-болезни – 16SrIII. В Западно-Сибирском районе преобладала фитоплазма группы пролиферации клевера 16SrVI, причем, если в Центральном районе эта фитоплазма была представлена только подгруппой 16SrVI-A, то в Западно-Сибирском была также выявлена фитоплазма, принадлежащая к подгруппе 16SrVI-C [4].

Наибольшую распространенность и вредоносность в южных регионах Российской Федерации имеет фитоплазма группы столбура. Ареал столбура связан с ареалом основных переносчиков – вьюнковой циксииды *Hyalestes obsoletus* Sign. и корневой цикадки *Pentastiridius leporinus* L. [39]. В отдельные годы это заболевание вызывало и продолжает вызывать существенное снижение урожая. В 1945 г. потери в Краснодарском крае доходили до 70 % [40]. В последние десятилетия в связи с расширением ареала вьюнковой циксииды, столбур продвинулся севернее на 600 км, достигнув Татарстана. В Самарской области в 2011–2012 гг. пораженность кустов картофеля опытных и частных посадок составила 90–100 % при аналогичном снижении урожая [41].

Симптомы столбура в год заражения выявляются во второй половине вегетации (июль) и характеризуются первоначально краевым пожелтением оснований долей верхних листьев. Затем куст приобретает хлорозную окраску, нижние листья скручиваются, а верхние мельчают с резкой редуцией листовых пластин и приобретают желтую или красноватую окраску. В пазухах листьев могут образовываться воздушные клубни или утолщенные укороченные пазушные побеги с измельченными листьями. При жаркой засушливой погоде кусты, проявляющие признаки болезни, вегетируют не более двух недель, они увядают и усыхают в результате некротизации основания стебля. Чем раньше растения увядают, тем больше вредоносность заболевания. В зависимости от условий урожайность больных кустов снижается на 20–100 %. Вредоносность не ограничивается снижением урожайности: у пораженных кустов образуются клубни с низкой товарностью: мелкие, уродливые, мягкие, образующие цепочки мелких клубней или клубни с нитевидными ростками. Кроме того, пораженные кусты более интенсивно поражаются грибными пятнистостями листьев (альтернариозом), а клубни – возбудителями столонной и сухой гнили, распространенность которых увеличивается при хранении. После хранения также увеличивается количество нитевидно-ростковых и клубне-ростковых клубней, которые после посадки дают поздние всходы, часто карликовые недоразвитые кусты с пониженной продуктивностью. Такие кусты более интенсивно повреждаются колорадским жуком и при засушливых условиях больше не отрастают вновь. Показано, что процент передачи фитоплазм инфицированными клубнями картофеля дочерним растениям зависит от длительности и условий хранения [42].

**Фитоплазмы бобовых культур.** Фитоплазменные заболевания также широко распространены на культурных и дикорастущих растениях семейства Fabaceae. Во многих странах мира в том числе в России наибольшее распространение и вредоносность фитоплазмозов отмечается на многолетних бобовых травах. С 2009 по 2013 год в четырех экономических регионах России: Северном (Архангельская и Вологодская область), Центральном (Московская область), Поволжском (Самарская область) и Западно-Сибирском (Новосибирская область) проводили обследование фитоплазмозов бобовых растений, главным образом клевера и люцерны. Большинство из зараженных растений клевера имели типичные симптомы, характерные для филлодии клевера (Clover phyllody – CPh), краевого пожелтения

клевера (Clover yellow edge – CYE) и пролиферации клевера (Clover proliferation – CP), а растения люцерны имели признаки ведьминой метлы. Фитоплазменная инфекция обнаружена у 22 видов бобовых растений. Фитоплазмы принадлежали к четырем группам и шести подгруппам: из них 31,1 % – к группе желтухи астр 16SrI (внутри группы большинство относилось к подгруппе 16SrI-C – CPh); 47,6 % фитоплазм были из группы 16SrIII, из них большинство входит в подгруппу 16SrIII-B (CYE) и один штамм – в подгруппу 16SrIII-F; 8,7 % – из подгруппы 16SrVI-A (CP); 9,7 % – из подгруппы 16SrXII-A (STOL); и 2,9 % были инфицированы фитоплазмами подгруппы 16SrIII-B и 16SrI-C одновременно. В Северном и Центральном районах большая часть обнаруженных фитоплазм принадлежала к подгруппам 16SrI-C и 16SrIII-B. В Западно-Сибирском и Поволжском регионах выявленные фитоплазмы принадлежали преимущественно к подгруппам 16SrVI-A и 16SrXII-A соответственно. Подгруппа 16SrIII-F обнаружена на одном растении в Западно-Сибирском регионе, а смешанная инфекция 16SrIII-B и 16SrI-C идентифицирована на трех растениях: одна в Северном регионе и две в Центральном регионе [43].

В 2009, 2010 и 2012 гг. проведен мониторинг заболеваний клевера в Вологодской, Московской и Новосибирской областях. Фитоплазма примерно половины всех инфицированных растений принадлежала к 16SrI группе, вызывавшей болезнь «филлодия клевера» – CPh, 26,5 % образцов были инфицированы фитоплазмой из группы 16SrIII, подгруппы CYE – «краевое пожелтение клевера». В образцах из Западной Сибири преобладала болезнь, вызванная фитоплазмой из подгруппы 16SrVI-A – «пролиферация клевера», которая обнаружена в нуте, люцерне, фасоли, конских бобах и клевере паннонском [43]. Ранее сходная фитоплазма из клевера гибридного была идентифицирована как '*Candidatus Phytoplasma trifolii*' [44]. Сообщалось, что '*Ca. P. trifolii*' и похожие штаммы встречаются в Канаде, США и Индии [45]. Симптомы болезни клевера, вызываемые наиболее часто встречающимися фитоплазмами подгрупп 16SrI-C (CPh) и 16SrIII-B (CYE), в ряде случаев соответствовали названию болезни – «филлодия клевера» и «краевое пожелтение клевера», но не всегда. Так, пожелтение в случае инфицирования фитоплазмой 16SrIII-B действительно наблюдалось у клевера розового, однако чаще происходит покраснение краев листьев, а у клевера лугового края листьев становились коричневато-бордовыми. Инфицирование этой фитоплазмой могло приводить и к появлению филлодии. Фитоплазма из подгруппы 16SrI-C чаще вызывала изменение генеративных органов растения, например, виресценцию, но могла влиять и на окраску листьев [46].

Одиннадцать видов насекомых порядка Hemiptera, подотряда Auchenorrhyncha собраны на бобовых растениях в Московской области Центрального региона. Наиболее распространенные виды *Euscelis incisus* (Kirschbaum) и *Aphrodes bicinctus* Schrk. могут быть потенциальными векторами фитоплазмы в Центральном регионе. А в Самарской области переносчиками фитоплазмы столбура могут быть циксииды: *Hyaletes obsoletus* Sign. и *Pentastiridius leporinus* L. [41, 46].

Бобовые травы являются важными компонентами кормовой базы животноводства, вместе с тем именно фитоплазмы могут быть главным фактором снижения урожайности. Например, ведьмина метла люцерны распространена в Среднем и Нижнем Поволжье, на Северном Кавказе, юге Татарстана, Оренбургской, Пензенской, Ростовской областях, на Алтае. А также за рубежом: в странах Средней Азии, в Европе, Африке, Азии, Австралии, Ближнем востоке и Южной и Северной Америке. В Среднем Поволжье, в зависимости от возраста травостоя, заболевание распространено повсеместно на 5–100 %, с увеличением зараженности на 10–15 % в год. Вредоносность заключается в уменьшении веса зеленой массы и семян более чем на 50 %.

Характерная особенность – образование укороченных, утонченных побегов до сотни на одно растение, листья мелкие, гофрированные, могут иметь признаки хлороза или покраснения на верхушках. Часто наблюдается совместная инфекция с вирусами мозаики люцерны и мозаики огурца. Больные растения восприимчивы к поражению грибами и бактериями, что приводит к изреженности посевов при неблагоприятных условиях перезимовки [25].

**Фитоплазмы овощных, зеленых и технических культур.** Столбур и другие фитоплазмы широко распространены и на овощных культурах. Так, с начала XXI века в РФ отмечено три эпифитотии в Среднем и Нижнем Поволжье и в Ростовской области на томатах *Solanum lycopersicum* L., перцах *Capsicum* sp. и баклажанах *Solanum melongena* L., а также на корнеплодах моркови *Daucus carota* subsp. *sativus* (Hoffm.) Arcang. и свеклы *Beta vulgaris* L. В 2007 г. в результате эпифитотии, вызванной смешанной инфекцией столбура, вируса мозаики томата и вируса огуречной мозаики, только в одном Харабалинском районе Астраханской области зарегистрирована гибель 388 га томата, а ущерб составил 32,5 млн р. [47].

В 2006–2014 гг. фитоплазма группы 16SrI обнаружена в образцах эстрагона *Artemisia dracuncululus* L. и сахарной свеклы; фитоплазма группы 16SrIII – в перце сладком *Capsicum annuum* L.; фитоплазма подгруппы 16SrVI-A выделена из рапса ярового *Brassica napus* L., перца сладкого, тыквы обыкновенной *Cucurbita pepo* L., томата, моркови, эстрагона; фитоплазма подгруппы 16SrXII-A – из перца сладкого, томата, моркови, сахарной свеклы, хрена обыкновенного *Armoracia rusticana* G. Gaertn., B. Mey. & Scherb и кориандра посевного *Coriandrum sativum* L. [41].

**Фитоплазмы плодово-ягодных культур.** С конца прошлого века во всем мире в том числе в Европе стало возможным объяснить причины массового вырождения плодовых и ягодных культур с помощью молекулярно-генетических методов идентификации. В процессе многолетнего роста плодово-ягодные культуры постоянно заселяются переносчиками фитоплазм: многочисленными видами насекомых из семейств Cicadellidae, Fulgoridae и Psyllidae, которые, питаясь на этих культурах, заражают растения [8]. Другим способом могут быть все виды вегетативного размножения: известны случаи заражения при срастании корней и при помощи растения-паразита повилики [15].

Пролиферация яблони – одно из наиболее вредоносных фитоплазменных заболеваний, поражающее практически все сорта яблони *Malus domestica* Borkh. Возбудитель – ‘*Ca. P. mali*’, принадлежит к группе 16SrX. Заболевание приводит к уменьшению размера плодов (примерно на 50 %), их веса (на 63–74 %) и ухудшению качества, а также снижает энергию роста деревьев и повышает восприимчивость к мучнистой росе. Типичные симптомы болезни – образование ведьминых метел на концах побегов, раннее покраснение или хлороз листьев, уменьшение листовой пластинки, увеличение прилистников. Плоды более мелкие и уплощенные, с удлиненными плодоножками [29].

Очевидно, с этим возбудителем связана болезнь, известная в Среднем и Нижнем Поволжье с 1960-х годов под названием «розеточная мелколистность яблони», которая поражала до 60 % саженцев в питомниках, приводя к снижению продуктивности на 50–60 %. В первые пять лет после посадки погибало 33 % саженцев. В настоящее время в промышленных садах Самарской области симптомы фитоплазмозов наблюдаются у 49–82 % яблоневого деревьев [48].

В Германии и Италии ежегодные экономические потери от пролиферации яблони оценены в 25 и 100 млн евро соответственно [29, 49].

Другое фитоплазменное заболевание – усыхание груши *Pyrus communis* L., *P. domestica* Medik. – вызывает серьезные экономические потери во многих странах мира.

В некоторых регионах США заболевание вызвало сокращение производства вдвое; в Италии в послевоенные годы (1945–1947) зарегистрирована гибель более 50 тыс. деревьев, а в середине 90-х гг. на северо-востоке Италии было поражено более 90 % деревьев. Большинство заболевших деревьев погибают через несколько лет после проявления патологических признаков. Возбудитель – фитопlasма группы пролиферации яблони, подгруппы усыхания груши 16SrX-C [29]. Эта фитопlasма обнаружена в Самарской области на колоновидной груше [50]. Тот же вид фитопlasмы, вызвавшей в Дагестане частичное усыхание ветвей груши, выявили специалисты службы карантина. Они же обнаружили фитопlasму группы 16SrV в растениях малины с симптомами израстания и пожелтения из Московской области (2012), а в растении земляники из Воронежской области – фитопlasму группы пролиферации клевера [51].

При исследовании распространенности фитопlasмозов на плодовых и ягодных культурах в Центральном и Поволжском экономических районах РФ в 2012–2017 гг. фитопlasмы, принадлежавшие к пяти таксономическим группам согласно классификации, основанной на анализе гена 16S рPHK, выявлены в 12 видах плодовых и ягодных растений. Принадлежность к группе желтухи астр (16SrI) определена для фитопlasмы вишни обыкновенной *Prunus cerasus* L. и сливы домашней *Prunus domestica* L.; к группе X-болезни (16SrIII) – для фитопlasмы черемухи обыкновенной *Prunus padus* L., малины обыкновенной *Rubus idaeus* L., смородины черной *Ribes nigrum* L. и земляники ананасной *Fragaria × ananassa* (Duchesne ex Weston) Duchesne ex Rozier.; к подгруппе пролиферации клевера (16SrVI-A) принадлежала фитопlasма малины обыкновенной; к группе пролиферации яблони (16SrX) – фитопlasма груши домашней и яблони домашней *Malus domestica* Borkh.; к подгруппе столбура (16SrXII-A) – вишни обыкновенной, груши домашней, черемухи обыкновенной и виргинской *Prunus virginiana* L., яблони домашней, винограда *Vitis vinifera* L. и боярышника крупноплодного *Crataegus aestivalis* (Walter) Torr. & A. Gray. [52, 53]. На широкое распространение признаков фитопlasменного поражения садовых культур в Краснодарском крае указывают специалисты Северо-Кавказского зонального НИИ садоводства и виноградарства [54].

**Фитопlasмозы винограда.** В странах Евросоюза чрезвычайно вредоносны фитопlasмозы винограда: золотистое пожелтение – “Flavescence dorée” и почернение древесины – “Bois noir”. Первое из них выявлено во многих странах Европы и пока не выявлено в Российской Федерации, хотя его переносчик цикадка *Scaphoideus titanus* Ball. отловлена в Крыму и имеет способность распространения в другие регионы с посадочным материалом в стадии яиц [55]. В течение короткого промежутка времени от одного инфицированного растения может быть заражена вся плантация. Характерные симптомы заболевания: обесцвечивание листовой пластинки и жилок на сортах белого винограда и покраснение на сортах окрашенного, скручивание листовой пластинки внутрь. Из-за уменьшения образования лигнина наблюдается утонченность, недоразвитость и хрупкость побегов, укорочение междоузлий, наличие черных точечных пустул на коре и отмирание почек. Симптомы заболевания могут охватывать всю лозу или отдельные ветви. На больных лозах появляются недоразвитые грозди, которые часто усыхают. Во Франции, выкорчевывание виноградника является обязательным при обнаружении всего 20 % больных растений. Контроль “Flavescence dorée” влияет на общую экономику. Например, в Пьемонте (северо-запад Италии) региональная администрация в период с 1999 по 2003 год в рамках программы борьбы с болезнью выделяло около 1,5 млн евро в год, тогда как в 2005 г. правительство Италии и Европейский союз компенсировали фермерам потери урожая и пересадку, оцениваемую в 34 млн евро [56].



Молекулярные исследования показали наличие фитоплазмы, принадлежащей к подгруппам 16SrV-C и 16SrV-D, которые различаются географически, но переносятся одним и тем же видом цикадок – *Scaphoideus titanus* Ball. Штаммы подгруппы 16SrV-D обнаружены в Северной Италии, Франции и Испании, где наиболее часты вспышки заболевания. В Северо-Центральной Италии и Сербии болезнь вызывают штаммы, принадлежащие к подгруппе 16SrV-C [29].

Почернение древесины “Vois noir” распространено повсеместно в Европе, но оно не вызывает катастрофического снижения жизнеспособности растений винограда. Заболевание связано с фитоплазмой, принадлежащей к рибосомной подгруппе 16SrXII-A, которая вызывает симптомы, неотличимые от золотистого пожелтения. Почернение древесины распространено во всех винодельческих районах мира и передается циклидой *Hyalesthes obsoletus* Sign. с вьюнка полевого *Convolvulus arvensis* L. или крапивы двудомной *Urtica dioica* L. [56]. И фитоплазма, и насекомые-векторы не являются специфическими для хозяина. Было показано, что для быстрого выявления фитоплазмы, вызывающей почернение древесины, в эпидемиологических исследованиях следует использовать полиморфизм TUF гена вместо рибосомальных генов [29].

Вьюнковая циклида широко распространена в южных регионах РФ. В последнее десятилетие она расширила свой ареал на севере до Татарстана. В 2010 г. заболевание “Vois noir” и его потенциальные переносчики обнаружены в Самарской области. Это дает основание предполагать, что болезнь может иметь более широкое распространение и в регионах традиционного виноградарства континентальной территории России [53].

По данным специалистов Национального НИИ винограда и вина «Магарач» заболевание “Vois noir” впервые выявлено в Крыму в 2012 г. В 2013 г. отмечалось увеличение инфицированности фитоплазмой. На отдельных участках Юго-западной зоны виноградарства до 95 % кустов сорта «Шардоне» имели симптомы поражения фитоплазмой. Потери урожая на участке достигали 40 %, тогда как в 2012 г. недобор урожая на этом винограднике составил 11 %. В 2015 г. интенсивность проявления симптомов заболевания увеличилась в 2,2 раза по сравнению с 2014 г. [55, 58]. Специалистами ВНИИКР фитоплазма группы столбура 16SrXII-A выявлена на винограде с симптомами пожелтения, скручивания листьев и почернения коры из Крыма и Дагестана [59].

В Венгрии на сорте «Шардоне» почернение древесины привело к серьезным потерям урожайности, среднее снижение количества гроздей и общий урожай на одну виноградную лозу составили 56,7 и 68,4 % соответственно. Анализ вина, полученного из больных растений винограда, выявил снижение содержания спирта, эпикатехина, железа и повышение органических кислот, титруемой кислотности, содержания катехинов и кальция. Дегустационная оценка этих вин подтвердила неблагоприятные характеристики, более высокую кислотность, горечь и, как правило, розоватое обесцвечивание [60].

В мировой практике встречается большое количество примеров катастрофического влияния фитоплазменных заболеваний на продуктивность и жизнеспособность возделываемых культур. В Европе и Северной Америке отмечена массовая гибель посадок вязов и ясеня, в США и в странах Азии – гибель десятков тысяч пальмовых деревьев, в Ливане – гибель ста пятидесяти тысяч деревьев миндаля, а в Европе – десятков тысяч деревьев груши и яблони, в Омане и Арабских Эмиратах – десятков тысяч деревьев лайма [50, 53].

На однолетних культурах распространенность и вредоносность фитоплазменных болезней может иметь циклический характер и зависит от

активности и обилия переносчиков в сезоне, а также от комплекса агротехнических и защитных мероприятий, способных уменьшить инфицирование растений на ранних стадиях развития, наиболее чувствительных к заражению. При возделывании многолетних культур решающее значение имеет получение здорового посадочного материала и предотвращение повторного заражения. Кроме диагностики вирусов, также необходимо проводить молекулярную диагностику фитоплазм и вириодов на всех этапах питомниководства с включением этих патогенов в программы оздоровления и сертификации посадочного материала [53].

#### Заключение

В России, как и в других странах мира, широко распространены фитоплазменные заболевания. Наибольшую вредоносность фитоплазмозы имеют в южных регионах страны, в том числе в Крыму. Оценка фитосанитарного риска в каждой природно-климатической зоне должна быть основой в организации приемов контроля заболеваний. Принимая во внимание латентный и хронический характер фитоплазменной инфекции, для определения фитосанитарного риска следует использовать молекулярно-генетические методы диагностики фитоплазм: ПЦР, ПДРФ. В организациях, производящих посадочный материал, необходимо организовывать лаборатории молекулярной диагностики фитоплазм, вирусов и вириодов.

К сожалению, в нашей стране недооценивают опасность фитоплазменных заболеваний для растениеводства. Исследованию фитоплазм и вызываемых ими болезней за последние десятилетия не уделяли необходимого внимания. Из-за недостатка финансирования и крайне ограниченного количества специалистов, занятых мониторингом фитоплазмозов, невозможно получить целостную картину масштаба распространенности и вредоносности этих болезней. В зарубежных странах в районах развитого садоводства с 1990-х годов проводится всесторонний мониторинг распространения фитоплазмозов на сельскохозяйственных культурах в питомниках размножения и садах с установлением разнообразия возбудителей, переносчиков и резерваторов инфекции в конкретных регионах с использованием классических и современных молекулярно-генетических методов идентификации. Полученные данные являются ключом к разработке многофункциональных методов контроля, обеспечивающих рентабельность отрасли плодоводства.

#### Литература

1. Рыжков В. Л., Корачевский И. К. Вирусные болезни помидора в опытах по искусственному заражению // Вирусные болезни растений в Крыму и на Украине. Симферополь, 1934. С. 7–30.
2. Doi Y., Teranaka M., Yora K., Asuyama H. Mycoplasma or PLT group like microorganisms found in the phloem elements of plants infected with mulberry dwarf, potato witches' broom, aster yellows or pawlownia witches' broom // Japanese Journal of Phytopathology. 1967. No. 33. P. 259–266. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjphytopath1918/33/4/33\\_4\\_259/\\_pdf-char/en](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjphytopath1918/33/4/33_4_259/_pdf-char/en) (дата обращения 26.04.2018).
3. IRPCM and Phytoplasma/Spiroplasma working team – phytoplasma taxonomy group. «*Candidatus Phytoplasma*», a taxon for the wall-less, non-helical prokaryotes that colonize plant phloem and insects // International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. 2004. Vol. 54. P. 1243–1255. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.microbiologyresearch.org/docserver/fulltext/ijsem/54/4/1243.pdf?expires=1524716369&id=id&accname=guest&checksum=022E66C612B82EE844AD063C97450F60> (дата обращения 26.04.2018).
4. Girsova N. V., Bottner-Parker K. D., Bogoutdinov D. Z., Meshkov Y. I., Mozhaeva K. A., Kastalyeva T. B., Lee I. M. Diverse phytoplasmas associated with potato stolbur and other related potato diseases in Russia // European Journal of Plant Pathology. 2016. Issue 145. P. 139–153. DOI: 10.1007/s1065801508243. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://link.springer.com/article/10.1007/s1065801508243> abstract (дата обращения 26.04.2018).
5. Lee I. M., Gundersen-Rindal D. E., Davis R. E., Bartoszyk I. M. Revised classification scheme of phytoplasmas based on RFLP analyses of 16S rRNA and ribosomal protein gene sequences // International journal of systematic bacteriology. 1998. Vol. 48. P. 1153–1169. [Электронный ресурс]. Режим доступа:

<http://www.microbiologyresearch.org/docserver/fulltext/ijsem/48/4/ijjs4841153.pdf?expires=1525841630&id=id&accname=guest&checksum=d1e538ef79bbc2d8f17dee48b3a7f4b0> (дата обращения 25.04.2018).

6. Диагностика вирусных, вириодных и фитоплазменных болезней овощных культур и картофеля. Сост.: Фоминых Т. С., Богоутдинов Д. З. Под ред. Павлюшина В. А. Петербург-Пушкин, 2017. 96 с.

7. Методика определения фитоплазм с использованием молекулярных методов диагностики: ПЦР и ПДРФ. Под ред. Можяевой К. А. М.: Россельхозакадемия, 2013. 24 с.

8. Weintraub P. G., Beanland L. A. Insect vectors of Phytoplasmas // *Annual Review of Entomology*. 2006. Vol. 51. P. 91–111. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.annualreviews.org/doi/suppl/10.1146/annurev.ento.51.110104> (дата обращения 25.04.2018).

9. Неклюдова Е. Т., Дикий С. П. Полевые клопы – переносчики столбура пасленовых // *Труды по прикладной ботанике, генетике, селекции*. 1973. Т. 50 (2). С. 36–39.

10. Lee I.-M., Davis R. E., Gundersen-Rindal D. E. Phytoplasma: phytopathogenic Mollicutes // *Annual Review of Microbiology*. 2000. Vol. 54. P. 221–255. DOI: 10.1146/annurev.micro.54.1.221. PMID 11018129.

11. Alma A., Bosco D., Danielli A., Bertaccini A., Vibio M., Arzone A. Identification of phytoplasmas in eggs, nymphs and adults of *Scaphoideus titanus* ball reared on healthy plants // *Insect Molecular Biology*. 1997. Vol. 6. P. 115–121. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.cabdirect.org/cabdirectabstract/19971103581> (дата обращения 25.04.2018).

12. Kawakita H., Saiki T., Wei W., Mitsunashi W., Watanabe R., Sato M. Identification of mulberry dwarf phytoplasmas in the genital organs and eggs of leafhopper *Hishimonoides sellatiformis* // *Phytopathology*. 2000. Vol. 90. P. 909–914. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://dx.doi.org/10.1094/PHYTO.2000.90.8.909> (дата обращения 24.04.2018).

13. Hanboonsong Y., Choosai C., Panyim S. Transovarial transmission of sugarcane white leaf phytoplasma in the insect vector *matsumuratettix hiroglypticus* (Matsumura) // *Insect Molecular Biology*. 2002. Vol. 11. P. 97–103. DOI: 10.1046/j.0962-1075.2001.00314.x [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://stoppinginvasives.org/dotAsset/c2cb48160ac24500a1b6e05869084363.pdf> (дата обращения 25.04.2018).

14. Tedeschi R., Ferrato V., Rossi J., Alma J. Possible phytoplasma transovarial transmission in the psyllids *Cacopsylla melanoneura* and *Cacopsylla pruni* // *Plant Pathology*. 2006. Vol. 55. P. 18–24. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1365-3059.2005.01292.x> (дата обращения 25.04.2018).

15. Carraro L., Loi N., Favali M. A. Transmission characteristics of the clover phyllody agent by dodder // *Journal of Phytopathology*. 1991. Vol. 133. P. 15–22. DOI: 10.1111/j.1439-0434.1991.tb00132.x.

16. Calari A., Paltrinieri S., Contaldo N. Molecular evidence of phytoplasmas in winter oilseed rape, tomato and corn seedlings // *Bulletin of Insectology*. 2011. Vol. 64. P. 157–158. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.bulletinofinsectology.org/pdf/articles/vol64-2011-S157-S158calari.pdf> (дата обращения 25.04.2018).

17. Oshima K., Kakizawa S., Nishigawa H., Jung H.-Y., Wei W., Suzuki S., Arashida R., Nakata D., Miyata S., Ugaki M., Namba S. Reductive evolution suggested from the complete genome sequence of a plant pathogenic phytoplasma // *Nature Genetics*. 2004. Vol. 36. P. 27–29. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.nature.com/articles/ng1277> (дата обращения 26.04.2018).

18. Hoshi A., Oshima K., Kakizawa S., Ishii Y., Ozeki J., Hashimoto M., Komatsu K., Kagiwada S. A unique virulence factor for proliferation and dwarfism in plants identified from a phytopathogenic bacterium // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2009. Vol. 106 (15). P. 6416–421. DOI: 10.1073/pnas.0813038106. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.pnas.org/content/106/15/6416> (дата обращения 26.04.2018).

19. Minato N., Himeno M., Hoshi A., Maejima K., Komatsu K., Takebayashi Y., Kasahara H., Yusa A., Yamaji Y., Oshima K., Kamiya Y., Namba S. The phytoplasmal virulence factor TENGU causes plant sterility by downregulating of the jasmonic acid and auxin pathways // *Scientific Reports*. 2014. Vol. 4. 7399. 7 p. DOI: 10.1038/srep07399. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.nature.com/articles/srep07399> (дата обращения 26.04.2018).

20. Sugawara K., Honma Y., Komatsu K., Himeno M., Oshima K., Namba S. The alteration of plant morphology by small peptides released from the proteolytic processing of the bacterial peptide TENGU // *Plant Physiology*. 2013. Vol. 162 (4). P. 2004–2015. DOI: 10.1104/pp.113.218586. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.plantphysiol.org/content/162/4/2005> (дата обращения 26.04.2018).

21. Sugio A., Kingdom H.N., MacLean A.M., Grieve V.M., Hogenhout S.A. Phytoplasma protein effector SAP11 enhances insect vector reproduction by manipulating plant development and defense hormone biosynthesis // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2011. Vol. 108 (48). P. 1254–1263. DOI: 10.1073/pnas.1105664108. URL:<http://www.pnas.org/content/108/48/E1254> (дата обращения 26.04.2018).

22. MacLean A.M., Sugio A., Makarova O.V., Findlay K.C., Grieve V.M., Toth R., Nicolaisen M., Hogenhout S.A. Phytoplasma effector SAP54 induces indeterminate leaf-like flower development in arabidopsis plants // *Plant Physiology*. 2011. Vol. 157. P. 831–841. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.plantphysiol.org/content/157/2/831> (дата обращения 26.04.2018).



23. MacLean A. M., Orlovskis Z., Kowitwanich K., Zdziarska A. M., Angenent G. C., Immink R. G., Hogenhout S. A. Phytoplasma effector SAP54 hijacks plant reproduction by degrading MADSbox proteins and promotes insect colonization in a RAD23 dependent manner // PLOS Biology. 2014. Vol. 12 (4). P. 831–841. DOI: 10.1371/journal.pbio.1001835. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.plantphysiol.org/content/157/2/831> (дата обращения 26.04.2018).
24. Orlovskis Z., Hogenhout S. A. A bacterial parasite effector mediates insect vector attraction in host plants independently of developmental changes // Frontier Plant Science. 2016. Vol. 7. P. 885. DOI: 10.3389/fpls.2016.00885. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2016.00885/full> (дата обращения 26.04.2018).
25. Богоутдинов Д. З. Ведьмина метла люцерны (фитоплазмоз): этиология болезни, состояние изученности // Вестник защиты растений. 2013. № 3. С. 26–33.
26. Богоутдинов Д. З., Кастальева Т. Б., Гирсова Н. В. Фитоплазменные заболевания злаков в Среднем Поволжье // Защита и карантин растений. 2018. № 1. С. 21–25.
27. Lee I-M., Davis R. E., Chen T. A., Chiykowski L. N., Fletcher J., Hiruki C., Schaff D. A. A Genotype based system for identification and classification of mycoplasma-like organisms (MLOs) in the aster yellows MLO strain cluster // Phytopathology. 1992. Vol. 82. P. 997–986. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1992Articles/Phyto82n09\\_977.pdf](http://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1992Articles/Phyto82n09_977.pdf) (дата обращения 26.04.2018).
28. Wei W., Lee I. M., Davis R. E., Suo X., Zhao Y. Computer simulated RFLP analysis of 16S rRNA genes: identification of ten new phytoplasma groups // International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. 2007. Vol. 57. P. 1855–1867. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ijs.microbiologyresearch.org/content/journal/ijsem/10.1099/ijms.0.65000-0> (дата обращения 26.04.2018).
29. Bertaccini A., Duduk, Paltrinieri S., Contaldo N. Phytoplasmas and phytoplasma diseases: A severe threat to agriculture // American Journal of Plant Sciences. 2014. Vol. 5. P. 1763–1788. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://dx.doi.org/10.4236/ajps.2014.512191> (дата обращения 18.04.2018).
30. Wu Y. F., Hao X. Z., Li Z. N., Gu P. W., An F. Q., Xiang J. Y., Wang H.N., Luo Z. P., Liu J. J., Xiang Y. Identification of the phytoplasma associated with wheat blue dwarf disease in China // Plant Disease. 2010. Vol. 94. P. 977–985. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://apsjournals.apsnet.org/doi/10.1094/PDIS-94-8-0977> (дата обращения 26.04.2018).
31. Богоутдинов Д. З., Мартини М., Морущи С., Лоши А., Ослер Р. Фитоплазмоз мятлика лугового // АгроXXI. 2012. № 7-9. С. 17–19. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.agroxxi.ru/journal/20120709/20120709009.pdf> (дата обращения 26.04.2018).
32. Валеева Н. Г. Фитоплазменное заболевание кукурузы в Крыму // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2015. № 6 (56). С. 14–16. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/v/fitoplazmennoezabolevaniekukuruzyvkrymu> (дата обращения 26.04.2018).
33. Urbanavičienė L., Jomantienė R., Valiūnas D. Molecular detection of phyto-plasmas in oats, barley, and Triticosecale and their classification based on 16S rRNA gene polymorphisms // Žemės ūkio mokslai. 2004. Vol. 3. P. 15–19.
34. Urbanavičienė L., Jomantienė R., Valiūnas D. Molecular identification of 16SrIA, 16SrI–B, 16SrI–C, and 16SrI–L subgroups of phytoplasmas in gramineous plants in Lithuania // Bulletin of Insectology. 2007. Vol. 60 (2). P. 127–128.
35. Valiūnas D., Urbanavičienė R., Jomantienė R., Davis R. E. Molecular detection, classification and phylogenetic analysis of subgroup 16SrI–C phytoplasmas detected in diseased Poa and Festuca in Lithuania // Biologija. 2007. Vol. 53 (2). P. 36–39. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://elibrary.lt/resursai/LMA/Biologija/Bio72/13.pdf> (дата обращения 26.04.2018).
36. Jović J., Cvrković T., Mitrović M. Stolbur phytoplasma transmission to maize by reptalus panzeri and the disease cycle of maize redness in Serbia // Phytopathology. 2009. Vol. 99. P. 1053–1061. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://dx.doi.org/10.1094/phyto-99-9-1053> (дата обращения 11.11.2011).
37. Mori N., Mitrović J., Smiljković M. Population Dynamic and Role of Hyalesthes obsoletus Signoret (Homoptera, Cixiidae) in Corn Reddening Transmission in Serbia // Bulletin of Insectology. 2013. Vol. 66. P. 245–250. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.bulletin of insectology.org/pdfarticles/vol66-2013245-250mori.pdf> (дата обращения 11.11.2011).
38. Harrison N. A., Richardson P. A., Tsai J. H. PCR assay for detection of the phytoplasma associated with maize bushy stunt disease // Plant Disease. 1996. Vol. 80. P. 263–269. DOI: 10.1094/PD-80-0263. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.apsnet.org/publications/PlantDisease/BackIssues/Documents/1996Articles/PlantDisease80n03\\_263.pdf](http://www.apsnet.org/publications/PlantDisease/BackIssues/Documents/1996Articles/PlantDisease80n03_263.pdf) (дата обращения 26.04.2018).
39. Сухов К. С., Вовк А. М. Цикадка *Hyalesthes obsoletus* Sign. // Доклады АН СССР. 1946. Т. 53. № 2. С. 153–156.
40. Сухов К. С., Вовк А. М. Столбур у картофеля // Доклады ВАСХНИЛ. 1946. Т. 12. С. 24–29.
41. Кастальева Т. Б., Богоутдинов Д. З., Боттнер-Паркер К. Д., Гирсова Н. В., Ли И. М. О разнообразии фитоплазмозов сельскохозяйственных культур в России: патогены и их переносчики //

Сельскохозяйственная биология. 2016. Т. 51. № 3. С. 367–375. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-raznoobrazii-fitoplazmozov-selskohozyays-tve-nnyh-kultur-v-rossii-patogeny-i-ih-perenoschiki> (дата обращения 26.04.2018).

42. Гирсова Н. В., Ботнер-Паркер К. Д., Кастальева Т. Б., Можаяева К. А., Богоутдинов Д. З., Ли И. М. К вопросу о сохранении и передаче фитоплазменной инфекции клубнями картофеля // Известия ТСХА. 2017. № 2. С. 60–78. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-o-sohraneni-i-peredache-fitoplazmennoy-infektsii-klubnyami-kartofelya> (дата обращения 26.04.2018).

43. Girsova N. V., Bottner-Parker K. D., Bogoutdinov D. Z., Meshkov Y. I., Kastalyeva T. B., Mozhaeva K. A., Lee I. M. Diverse phytoplasmas associated with leguminous crops in Russia // European Journal of Plant Pathology. 2017. Vol. 149. P. 599–610. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10658-017-1209-6> (дата обращения 26.04.2018).

44. Hiruki C., Wang K. R. Clover proliferation phytoplasma: ‘*Candidatus* Phytoplasma trifolii’ // International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. 2004. Vol. 54. P. 1349–1353. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://dx.doi.org/10.1099/ijs.0.02842-0> (дата обращения 26.04.2018).

45. Firrao G., Gibb K., Streten C. Short taxonomic guide to the genus ‘*Candidatus* Phytoplasma’ // Journal of Plant Pathology. 2005. Vol. 87 (4). P. 249–263. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.sipav.org/main/jpp/index.php/jpp/article/download/926/712> (дата обращения 26.04.2018).

46. Гирсова Н. В., Кастальева Т. Б., Мешков Ю. И., Можаяева К. А., Богоутдинов Д. З. Фитоплазмы бобовых растений // Известия ТСХА. 2015. № 2. С. 58–72. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/fitoplazmozy-bobovyh-rastenyi> (дата обращения 26.04.2018).

47. Система мероприятий по защите овощных культур от вирусных и фитоплазменных болезней в условиях Астраханской области РФ. Под ред. Павлюшина В. А. Астрахань, 2012. 51 с.

48. Богоутдинов Д. З., Белоусова О. А. Сравнительная пораженность сортов яблони заболеваниями // Сборник статей Международной конференции «Вавиловские чтения». Саратовский СГАУ, 2013. С. 149–150.

49. Strauss E. Phytoplasma research begins to bloom // Science. 2009. Vol. 325. P. 388–390.

50. Богоутдинов Д. З., Кастальева Т. Б., Гирсова Н. В. Фитоплазменные болезни плодовых в Среднем Поволжье // Материалы XXII международной научно-практической конференции «Проблемы и перспективы инновационного развития экономики: инновационные направления отраслевого и территориального развития АПК». Алушта, 2017. С. 213–219.

51. Матяшова Г. А. Разработка и совершенствование методов диагностики фитоплазм – возбудителей болезней плодовых и ягодных культур. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М.: РГАУ имени К. А. Тимирязева, 2017. 17 с.

52. Гирсова Н. В., Богоутдинов Д. З., Можаяева К. А., Кастальева Т. Б. Фитоплазмы деревьев и кустарников в Поволжье // Известия ТСХА. 2014. Вып. 5. С. 36–48. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://library.timacad.ru/files/izvestija\\_tsha/fulltext/20145/index.html#34/](http://library.timacad.ru/files/izvestija_tsha/fulltext/20145/index.html#34/) (дата обращения 26.04.2018).

53. Богоутдинов Д. З., Кастальева Т. Б., Гирсова Н. В. К мониторингу фитоплазмозов плодовых и ягодных культур в Поволжье // Материалы международной конференции «Эпидемии болезней растений: мониторинг, прогноз, контроль». Москва-Большие Вязёмы: ВНИИФ, 2017. С. 57–64.

54. Бунцевич Л. Л., Захарченко В. В. За безвирусное садоводство и питомниководство на юге России // Защита и карантин растений. 2003. № 7. С. 12–13.

55. Алейникова Н. В., Радионовская Я. Э., Диденко Л. В., Диденко П. А., Андреев В. В. Поиск путей ограничения распространения и снижения вредоносности фитоплазменного заболевания «почернение древесины винограда» (Bois noir) на виноградниках Крыма // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2017. № 44 (02). 26 с. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://journalkubansad.ru/pdf/17/02/07.pdf> (дата обращения 20.04.2018).

56. Chucho J., Thiéry D. Biology and ecology of the Flavescence dorée vector *Scaphoideus titanus*: a review // Agronomy for Sustainable Development, Sciences/INRA. 2014. Vol. 34 (2). P. 381–403. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01234829/document> (дата обращения 28.04.2018).

57. Sforza R., Clair D., Daire X., Larrue J. and Boudon-Padieu E. The role of *Hyalesthes obsoletus* (Hemiptera: Cixiidae) in the occurrence of Bois Noir of grapevines in France // Journal of Phytopathology. 1998. Vol. 146. P. 549–556. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.14390434.1998.tb04753.x> (дата обращения 26.04.2018).

58. Алейникова Н. В., Радионовская Я. Э. Интродуцированный посадочный материал – источник фитоплазменной инфекции на виноградниках Крыма // Защита и карантин растений. 2015. № 9. С. 34–39. URL: [http://www.zikr.ru/ZiKR\\_2015/ZiKR\\_09\\_2015.pdf](http://www.zikr.ru/ZiKR_2015/ZiKR_09_2015.pdf) (дата обращения 26.04.2018).

59. Матяшова Г. Н., Заец В. Г. Исследование метода ПЦР в режиме реального времени для обнаружения и идентификации возбудителей фитоплазмозов винограда // Вестник РУДН. Серия «Агрономия и животноводство». 2015. № 4. С. 7–14. [Электронный ресурс]. Режим доступа:

<http://docplayer.ru/71394136Zashchitarastenyiissledovaniemetodapcervrezhimerealnogovremenidlyaobnaruzh-eniyaiidentifikaciiivozbuditeleyfitoplazmozovvinograda.html> (дата обращения 26.04.2018).

60. Embler I., Bodor P., Zsófi Z., Pálfi Z., Ladányi M., Pásti G., Deák T., Nyitrainé D.S., Bálo B., Szekeres A., Bencsik O., Foissac X., Palkovics L., Hunter J. J., Bisztray G. D. Bois noir affects the yield and wine quality of *Vitis vinifera* L. cv. 'Chardonnay' // European Journal of Plant Pathology. 2018. First Online. 13 p. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs1065801814623> (дата обращения 20.04.2018).

## References

1. Ryzhkov V. L., Korachevsky I. K. Virus diseases of tomato in experiments on artificial infection // Virus diseases of plants in Crimea and Ukraine. Simferopol, 1934. P. 7–30.
2. Doi Y., Teranaka M., Yora K., Asuyama H. Mycoplasma or PLT grouplike microorganisms found in the phloem elements of plants infected with mulberry dwarf, potato witches' broom, aster yellows or pawlownia witches' broom // Japanese Journal of Phytopathology. 1967. No. 33. P. 259–266. [Electronic resource]. Access point: [https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjphytopath1918/33/4/33\\_4\\_259/\\_pdf-char/en](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjphytopath1918/33/4/33_4_259/_pdf-char/en) (reference's date 26.04.2018).
3. IRPCM and Phytoplasma/Spiroplasma working team – phytoplasma taxonomy group. «*Candidatus Phytoplasma*», a taxon for the wall-less, non-helical prokaryotes that colonize plant phloem and insects // International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. 2004. Vol. 54. P. 1243–1255. [Electronic resource]. Access point: <http://www.microbiologyresearch.org/docserver/fulltext/ijsem/54/4/1243.pdf?expires=1524716369&id=id&accname=guest&checksum=022E66C612B82EE844AD063C97450F60> (reference's date 26.04.2018).
4. Girsova N. V., Bottner-Parker K. D., Bogoutdinov D. Z., Meshkov Y. I., Mozhaeva K. A., Kastalyeva T. B., Lee I. M. Diverse phytoplasmas associated with potato stolbur and other related potato diseases in Russia // European Journal of Plant Pathology. 2016. Issue 145. P. 139–153. DOI: 10.1007/s1065801508243. [Electronic resource]. Access point: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs1065801508243> abstract (reference's date 26.04.2018).
5. Lee I. M., Gundersen-Rindal D. E., Davis R. E., Bartoszyk I. M. Revised classification scheme of phytoplasmas based on RFLP analyses of 16S rRNA and ribosomal protein gene sequences // International journal of systematic bacteriology. 1998. Vol. 48. P. 1153–1169. [Electronic resource]. Access point: <http://www.microbiologyresearch.org/docserver/fulltext/ijsem/48/4/ij4841153.pdf?expires=1525841630&id=id&accname=guest&checksum=d1e538ef79bbc2d8f17dee48b3a7f4b0> (reference's date 25.04.2018).
6. Diagnosis of viral, viroid and phytoplasma diseases of vegetable cultures and potato // Fominykh T. S., Bogoutdinov D. Z. ed. by Pavliyshin V. A. Saint Petersburg – Pushkin, 2017. 96 p.
7. Technique of determination of phytoplasma using molecular diagnostic methods: PCR and RFLP / ed. by Mozhaev K. A. Moscow: Russian Academy of Agricultural Sciences, 2013. 24 p.
8. Weintraub P. G., Beanland L. A. Insect vectors of Phytoplasmas // Annual Review of Entomology. 2006. Vol. 51. P. 91–111. [Electronic resource]. Access point: <https://www.annualreviews.org/doi/suppl/10.1146/annurev.ento.51.110104> (reference's date 25.04.2018).
9. Neklyudova E. T., Dikiy S. P. Field-bugs – vectors of Solanaceae stolbur // Works on applied botany, genetics, breeding. 1973. Vol. 50 (2). P. 36–39.
10. Lee I.-M., Davis R. E., Gundersen-Rindal D. E. Phytoplasma: phytopathogenic Mollicutes // Annual Review of Microbiology. 2000. Vol. 54. P. 221–255. DOI: 10.1146/annurev.micro.54.1.221. PMID 11018129.
11. Alma A., Bosco D., Danielli A., Bertaccini A., Vibio M., Arzone A. Identification of phytoplasmas in eggs, nymphs and adults of *Scaphoideus titanus* ball reared on healthy plants // Insect Molecular Biology. 1997. Vol. 6. P. 115–121. [Electronic resource]. Access point: <https://www.cabdirect.org/cabdirectabstract/19971103581> (reference's date 25.04.2018).
12. Kawakita H., Saiki T., Wei W., Mitsuhashi W., Watanabe R., Sato M. Identification of mulberry dwarf phytoplasmas in the genital organs and eggs of leafhopper *Hishimonoides sellatiformis* // Phytopathology. 2000. Vol. 90. P. 909–914. [Electronic resource]. Access point: <http://dx.doi.org/10.1094/PHTO.2000.90.8.909> (reference's date 24.04.2018).
13. Hanboonsong Y., Choosai C., Panyim S. Transovarial transmission of sugarcane white leaf phytoplasma in the insect vector *matsumuratettix hiroglyphicus* (Matsumura) // Insect Molecular Biology. 2002. Vol. 11. P. 97–103. DOI: 10.1046/j.0962-1075.2001.00314.x [Electronic resource]. Access point: <http://stoppinginvasives.org/dotAsset/c2cb48160ac24500a1b6e05869084363.pdf> (reference's date 25.04.2018).
14. Tedeschi R., Ferrato V., Rossi J., Alma J. Possible phytoplasma transovarial transmission in the psyllids *Cacopsylla melanoneura* and *Cacopsylla pruni* // Plant Pathology. 2006. Vol. 55. P. 18–24. [Electronic resource]. Access point: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1365-3059.2005.01292.x> (reference's date 25.04.2018).
15. Carraro L., Loi N., Favali M. A. Transmission characteristics of the clover phyllody agent by dodder // Journal of Phytopathology. 1991. Vol. 133. P. 15–22. DOI: 10.1111/j.1439-0434.1991.tb00132.x.

16. Calari A., Paltrinieri S., Contaldo N. Molecular evidence of phytoplasmas in winter oilseed rape, tomato and corn seedlings // *Bulletin of Insectology*. 2011. Vol. 64. P. 157–158. [Electronic resource]. Access point: <http://www.bulletinofinsectology.org/pdfarticles/vol64-2011-S157-S158calari.pdf>. (reference's date 25.04.2018).
17. Oshima K., Kakizawa S., Nishigawa H., Jung H.-Y., Wei W., Suzuki S., Arashida R., Nakata D., Miyata S., Ugaki M., Namba S. Reductive evolution suggested from the complete genome sequence of a plant pathogenic phytoplasma // *Nature Genetics*. 2004. Vol. 36. P. 27–29. [Electronic resource]. Access point: <https://www.nature.com/articles/ng1277> (reference's date 26.04.2018).
18. Hoshi A., Oshima K., Kakizawa S., Ishii Y., Ozeki J., Hashimoto M., Komatsu K., Kagiwada S. A unique virulence factor for proliferation and dwarfism in plants identified from a phytopathogenic bacterium // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2009. Vol. 106 (15). P. 6416–421. DOI: 10.1073/pnas.0813038106. [Electronic resource]. Access point: <http://www.pnas.org/content/106/15/6416> (reference's date 26.04.2018).
19. Minato N., Himeno M., Hoshi A., Maejima K., Komatsu K., Takebayashi Y., Kasahara H., Yusa A., Yamaji Y., Oshima K., Kamiya Y., Namba S. The phytoplasmal virulence factor TENGU causes plant sterility by downregulating of the jasmonic acid and auxin pathways // *Scientific Reports*. 2014. Vol. 4. 7399. 7 p. DOI: 10.1038/srep07399. [Electronic resource]. Access point: <https://www.nature.com/articles/srep07399> (reference's date 26.04.2018).
20. Sugawara K., Honma Y., Komatsu K., Himeno M., Oshima K., Namba S. The alteration of plant morphology by small peptides released from the proteolytic processing of the bacterial peptide TENGU // *Plant Physiology*. 2013. Vol. 162 (4). P. 2004–2015. DOI: 10.1104/pp.113.218586. [Electronic resource]. Access point: <http://www.plantphysiol.org/content/162/4/2005> (reference's date 26.04.2018).
21. Sugio A., Kingdom H. N., MacLean A. M., Grieve V. M., Hogenhout S. A. Phytoplasma protein effector SAP11 enhances insect vector reproduction by manipulating plant development and defense hormone biosynthesis // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2011. Vol. 108 (48). P. 1254–1263. DOI: 10.1073/pnas.1105664108. URL:<http://www.pnas.org/content/108/48/E1254> (reference's date 26.04.2018).
22. MacLean A. M., Sugio A., Makarova O. V., Findlay K. C., Grieve V. M., Toth R., Nicolaisen M., Hogenhout S. A. Phytoplasma effector SAP54 induces indeterminate leaf-like flower development in arabidopsis plants // *Plant Physiology*. 2011. Vol. 157. P. 831–841. [Electronic resource]. Access point: <http://www.plantphysiol.org/content/157/2/831> (reference's date 26.04.2018).
23. MacLean A. M., Orlovskis Z., Kowitwanich K., Zdziarska A. M., Angenent G. C., Immink R. G., Hogenhout S. A. Phytoplasma effector SAP54 hijacks plant reproduction by degrading MADSbox proteins and promotes insect colonization in a RAD23 dependent manner // *PLOS Biology*. 2014. Vol. 12 (4). P. 831–841. DOI: 10.1371/journal.pbio.1001835. [Electronic resource]. Access point: <http://www.plantphysiol.org/content/157/2/831> (reference's date 26.04.2018).
24. Orlovskis Z., Hogenhout S. A. A bacterial parasite effector mediates insect vector attraction in host plants independently of developmental changes // *Frontier Plant Science*. 2016. Vol. 7. P. 885. DOI: 10.3389/fpls.2016.00612. [Electronic resource]. Access point: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2016.00885/full> (reference's date 26.04.2018).
25. Bogoutdinov D. Z. Phytoplasma diseases of alfalfa: etiology and state of knowledge // *Plant protection news*. 2013. No. 3. P. 26–33.
26. Bogoutdinov D. Z., Kastalyeva T. B., Girsova N. V. Phytoplasma diseases of cereals in the Middle Volga region // *Protection and quarantine of plants*. 2018. No. 1. P. 21–25.
27. Lee I.-M., Davis R.E., Chen T.-A., Chiykowski L.N., Fletcher J., Hiruki C., Schaff D. A. A genotype based system for identification and classification of mycoplasma-like organism (MLOs) in the aster yellows MLO strain cluster // *Phytopathology*. 1992. Vol. 82. P. 997–986. [Electronic resource]. Access point: [http://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1992Articles/Phyto82n09\\_977.pdf](http://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1992Articles/Phyto82n09_977.pdf) (reference's date 26.04.2018).
28. Wei W., Lee I. M., Davis R. E., Suo X., Zhao Y. Computer simulated RFLP analysis of 16S rRNA genes: identification of ten new phytoplasma groups // *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. 2007. Vol. 57. P. 1855–1867. [Electronic resource]. Access point: <http://ijs.microbiologyresearch.org/content/journal/ijsem/10.1099/ijms.0.65000-0> (reference's date 26.04.2018).
29. Bertaccini A., Duduk, Paltrinieri S., Contaldo N. Phytoplasmas and phytoplasma diseases: A severe threat to agriculture // *American Journal of Plant Sciences*. 2014. Vol. 5. P. 1763–1788. [Electronic resource]. Access point: <http://www.scirp.org/journal/ajpshttp://dx.doi.org/10.4236/ajps.2014.512191> (reference's date 18.04.2018).
30. Wu Y. F., Hao X. Z., Li Z. N., Gu P. W., An F. Q., Xiang J. Y., Wang H. N., Luo Z. P., Liu J. J., Xiang Y. Identification of the phytoplasma associated with wheat blue dwarf disease in China // *Plant Disease*. 2010. Vol. 94. P. 977–985. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://apsjournals.apsnet.org/doi/10.1094/PDIS-94-8-0977> (дата обращения 26.04.2018).



31. Bogoutdinov D. Z., Martini M., Moruzzi S., Loshe A., Osler R. Phytoplasma disease of *Poa pratensis* // AgroXXI. 2012. No. 7–9. P. 17–19.
32. Phytoplasmatic disease in maize under the conditions of Crimea // Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2015. No. 6 (56). P. 14–16. [Electronic resource]. Access point: <https://cyberleninka.ru/article/v/fitoplazmennoezabolevaniyekukuruzyvkrymu> (reference's date 26.04.2018).
33. Urbanavičienė L., Jomantienė R., Valiūnas D. Molecular detection of phyto-plasmas in oats, barley, and Triticosecale and their classification based on 16S rRNA gene polymorphisms // Žemės ūkio mokslai. 2004. Vol. 3. P. 15–19.
34. Urbanavičienė L., Jomantienė R., Valiūnas D. Molecular identification of 16SrIA, 16SrI–B, 16SrI–C, and 16SrI–L subgroups of phytoplasmas in gramineous plants in Lithuania // Bulletin of Insectology. 2007. Vol. 60 (2). P. 127–128.
35. Valiūnas D., Urbanavičienė R., Jomantienė R., Davis R. E. Molecular detection, classification and phylogenetic analysis of subgroup 16SrI–C phytoplasmas detected in diseased Poa and Festuca in Lithuania // Biologija. 2007. Vol. 53 (2). P. 36–39. [Electronic resource]. Access point: <http://elibrary.lt/resursai/LMA/Biologija/Bio72/13.pdf> (reference's date 26.04.2018).
36. Jović J., Cvrković T., Mitrović M. Stolbur phytoplasma transmission to maize by *reptalus panzeri* and the disease cycle of maize redness in Serbia // Phytopathology. 2009. Vol. 99. P. 1053–1061. [Electronic resource]. Access point: <http://dx.doi.org/10.1094/phyto-99-9-1053> (reference's date 11.11.2011).
37. Mori N., Mitrović J., Smiljković M. Population Dynamic and Role of *Hyalesthes obsoletus* Signoret (Homoptera, Cixiidae) in Corn Reddening Transmission in Serbia // Bulletin of Insectology. 2013. Vol. 66. P. 245–250. [Electronic resource]. Access point: <http://www.bulletinofinsectology.org/pdfarticles/vol66-2013245-250mori.pdf> (reference's date 11.11.2011).
38. Harrison N. A., Richardson P. A., Tsai J. H. PCR assay for detection of the phytoplasma associated with maize bushy stunt disease // Plant Disease. 1996. Vol. 80. P. 263–269. DOI: 10.1094/PD-80-0263. [Electronic resource]. Access point: [http://www.apsnet.org/publications/PlantDisease/BackIssues/Documents/1996Articles/PlantDisease80n03\\_263.pdf](http://www.apsnet.org/publications/PlantDisease/BackIssues/Documents/1996Articles/PlantDisease80n03_263.pdf) (reference's date 26.04.2018).
39. Sukhov K. S., Vovk A. M. Planthopper *Hyalesthes obsoletus* Sign.as a vector of Solanaceae stolbur // Dokladi. USSR ACADEMY OF SCIENCES. 1946. Vol. 53. No. 2. P. 153–156.
40. Sukhov K. S., Vovk A. M. Stolbur of potato // Doklady VASKHNIL. 1946. Vol. 1–2. P. 24–29.
41. Kastalyeva T. B., Bogoutdinov D. Z., Bottner-Parker K. D., Girsova N. V., Lee I.-M. Diverse phytoplasmas associated with diseases in various crops in Russia – pathogens and vectors // Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya [Agricultural Biology], 2016. Issue 51. No. 3. P. 367–375. [Electronic resource]. Access point: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-raznoobrazii-fitoplazmozov-selskohozyays-tve-nnyh-kultur-v-rossii-patogeny-i-ih-perenoschiki> (reference's date 26.04.2018).
42. Girsova N. V., Bottner-Parker K. D., Kastalyeva T. B., Mozhaeva K. A., Bogoutdinov D. Z., Lee I.-M. Saving and transfer of phytoplasma infection via potato // Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy. 2015. No. 2. P. 58–72. [Electronic resource]. Access point: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-oshranenii-i-peredache-fitoplazmennoy-infektsii-klubnyami-kartofelya> (reference's date 26.04.2018).
43. Girsova N. V., Bottner-Parker K. D., Bogoutdinov D. Z., Meshkov Y. I., Kastalyeva T. B., Mozhaeva K. A., Lee I. M. Diverse phytoplasmas associated with leguminous crops in Russia // European Journal of Plant Pathology. 2017. Vol. 149. P. 599–610. [Electronic resource]. Access point: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10658-017-1209-6> (reference's date 26.04.2018).
44. Hiruki C., Wang K. R. Clover proliferation phytoplasma: '*Candidatus* Phytoplasma trifolii' // International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. 2004. Vol. 54. P. 1349–1353. [Electronic resource]. Access point: <http://dx.doi.org/10.1099/ijs.0.02842-0> (reference's date 26.04.2018).
45. Firrao G., Gibb K., Streten C. Short taxonomic guide to the genus '*Candidatus* Phytoplasma' // Journal of Plant Pathology. 2005. Vol. 87 (4). P. 249–263. [Electronic resource]. Access point: <http://www.sipav.org/main/jpp/index.php/jpp/article/download/926/712> (reference's date 26.04.2018).
46. Girsova N. V., Kastalyeva T. B., Meshkov Y. I., Mozhaeva K. A., Bogoutdinov D. Z. Phytoplasma diseases of leguminous plants // Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy. 2015. No. 2. P. 58–72. [Electronic resource]. Access point: <https://cyberleninka.ru/article/n/fitoplazmozy-bobovyh-rasteniy> (reference's date 26.04.2018).
47. System of measures for protecting vegetable crops against virus and phytoplasma diseases in the conditions of Astrakhan region of the Russian Federation. Ed. by Pavlyushin V. A. Academician of the RASKHN. Astrakhan, 2012. 51 p.
48. Bogoutdinov D. Z., Belousova O. A. Comparative infestation of apple cultivars by diseases // Proceedings of the International Conferences “Vavilov Readings” Saratov, Saratov State Agricultural University, 2013. P. 149–150.
49. Strauss E. Phytoplasma research begins to bloom // Science. 2009. Vol. 325. P. 388–390.

50. Bogoutdinov D. Z., Kastalyeva T. B., Girsova N. V. Phytoplasma diseases of fruit crops in the Middle Volga region // Proceedings of the XXII International Scientific and Practical Conference “Problems and prospects of innovative development of the economy: Innovative directions of sectoral and territorial development of agriculture”. Alushta, 2017. P. 213–219.
51. Matyashova G. A. Development and improvement of diagnostics methods of phytoplasma, the causative agents of diseases of fruit and berry crops. Abstract of the thesis ... cand. of sciences (Biol). Moscow: RGAU named after K. A. Timiryazev, 2017. 17 p.
52. Girsova N. V., Bogoutdinov D. Z., Mozhaeva K. A., Kastalyeva T. B. Phytoplasma diseases of wood and shrub plants in the Volga region // Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy. 2014. No. 5. P. 36–48. [Electronic resource]. Access point: <http://library.timacad.ru/files/izvestijatsha/fulltext/20145/index.html#/34/> (reference's date 26.04.2018).
53. Bogoutdinov D. Z., Kastalyeva T. B., Girsova N. V. Monitoring of phytoplasma diseases of fruit and berry crops in the Volga region // Proceedings of the international conference on “Epidemics of plant diseases: monitoring, prediction, control. Moscow-Bolshye Vyazemy: VNIIF, 2017. P. 57–64.
54. Buntsevich L. L., Zakharchenko V. V. Horticulture and nursery culture in the South of Russia should be virus-free // Protection and quarantine of plants. 2003. No. 7. P. 12–13.
55. Aleinikova N. V., Radionovskaya J. E., Didenko L. V., Didenko P. A., Andreev V. V. Finding of ways to limit the spread and reduce the harmfulness of phytoplasma disease, “the blackening of the wood of the vine” (Bois noir) in the vineyards of the Crimea // Fruit growing and viticulture of South Russia. 2017. No. 44 (02). 26 p. [Electronic resource]. Access point: <http://journal.kubansad.ru/pdf/17/02/07.pdf> (reference's date 20.04.2018).
56. Chucho J., Thiéry D. Biology and ecology of the Flavescence dorée vector *Scaphoideus titanus*: a review // Agronomy for Sustainable Development, Sciences/INRA. 2014. Vol. 34 (2). P. 381–403. [Electronic resource]. Access point: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01234829/document> (reference's date 28.04.2018).
57. Sforza R., Clair D., Daire X., Larrue J. and Boudon-Padiou E. The role of *Hyalesthes obsoletus* (Hemiptera: Cixiidae) in the occurrence of Bois Noir of grapevines in France // Journal of Phytopathology. 1998. Vol. 146. P. 549–556. [Electronic resource]. Access point: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.14390434.1998.tb04753.x> (reference's date 26.04.2018).
58. Aleinikova N. V. Radionovskaya J. E. The introduced planting material is the source of phytoplasma infection in vineyards of the Crimea // Protection and quarantine of plants. 2015. No. 9. P. 34–39. [Electronic resource]. Access point: [http://www.zikr.ru/ZiKR\\_2015/ZiKR\\_09\\_2015.pdf](http://www.zikr.ru/ZiKR_2015/ZiKR_09_2015.pdf) (reference's date 26.04.2018).
59. Matyashova G. N., Zaets V. G. Research of the real time PCR method for detection and identification phytoplasmas on grapevine // RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries. 2015. No. 4. P. 7–14. [Electronic resource]. Access point: <http://docplayer.ru/71394136Zashchitarasteniyyissledovaniemetodapcrvrezhimerealnogovremenidlyaobnaruzeniyyaidentifikaciivozbuditeleyfitoplazmozovinograda.html> (reference's date 26.04.2018).
60. Embler I., Bodor P., Zsófi Z., Pálfi Z., Ladányi M., Pásti G., Deák T., Nyitrai D. S., Bálo B., Szekeres A., Bencsik O., Foissac X., Palkovics L., Hunter J. J., Bisztray G. D. Bois noir affects the yield and wine quality of *Vitis vinifera* L. cv. ‘Chardonnay’ // European Journal of Plant Pathology. 2018. First Online. 13 p. [Electronic resource]. Access point: <https://link.springer.com/article/10.1007/s2Fs1065801814623> (reference's date 20.04.2018).

UDC 633:632.8

Bogoutdinov D. Z., Kastalyeva T. B., Girsova N. V.

### PHYTOPLASMA DISEASES ARE A SERIOUS THREAT TO RUSSIAN CROP PRODUCTION. REVIEW

**Summary.** *Phytoplasmas are widely spread and cause great damage. They cause diseases of several hundred plant species, including economically important food and ornamental, herbaceous, woody and shrubby plants. The review pays special attention to phytoplasma diseases, common in Russia for cereals, legumes, vegetables, green, technical, fruit and berry crops, potatoes and grapes. The review presents characteristics of phytoplasma diseases and pathogens – phytoplasmas – the smallest bacteria, lacking of the cell wall and unable to grow on artificial nutrient media. The diseases caused by them – a stolbur and a witches'-broom – were known in Russia since the end of the 1920s – the beginning of the 1930s, that is, 40 years before the discovery of the causative agent. The life cycle of phytoplasmas is associated with two hosts: they multiply in the phloem cells of plants and in the body of the insect-vectors of the Hemiptera order. By 2017, 40 species of phytoplasmas belonging to 33 groups and 140 subgroups were known (according to the classification based on the sequence of the conservative gene encoding 16S rRNA).*

*Phytoplasmas lead to a mechanical blockage of sieve tubes, and in addition, they affect the expression of plant genes. Several virulence factors induced by phytoplasmas and associated with appearance of characteristic symptoms of the disease were identified. In 2006–2017, in Russia, the prevalence of phytoplasma diseases of economically significant crops was monitored not only by symptoms of the disease, but also by determining the presence of phytoplasma DNA in the plant and its taxonomic affiliation, using molecular genetic methods. In 2012 and 2013, in the Middle Volga region, phytoplasmas were found in plants of winter wheat, spring barley, as well as in forage and wild grasses. The most dangerous disease was dwarf bushiness of winter wheat, the spread of which in the Middle Volga region in recent decades has reached 10–20 %, and the productivity of infected plants decreased by 92 %. In 2006–2013, in eight economic regions of the Russian Federation the phytoplasmas belonging to five taxonomic groups were determined on potatoes: 16SrI, 16SrII, 16SrIII, 16SrVI, 16SrXII. On the South of the European part of the country, the greatest danger to potato crop, as well as pepper, tomato and other Solanaceae, was from phytoplasma group of stolbur (16SrXII), capable of affecting up to 90-100% of the plants. In 2009-2013 phytoplasma diseases, of which the most important was witches' – broom of alfalfa, was detected in 22 species of legumes. In the Volga region and other southern regions, it led to a reduction in the weight of green mass and seeds by more than 50 %. The prevalence of phytoplasma diseases of apples, pears and grapes in their areas of cultivation can reach 70–80 %, and the harmfulness to exceed 40–80 %. Wide distribution and high severity of phytoplasma diseases require the expansion of studies of their epidemic, molecular genetic diagnosis of pathogens in organizations that produce planting material, and the inclusion of phytoplasmas in the certification of planting material*

**Keywords:** *phytoplasma, phytoplasma diseases, 16Sr groups, subgroups of phytoplasmas, insect-vectors, cereals, potatoes, legumes, vegetables, fruit and berry crops, grapes.*

Богоутдинов Дамир Забихуллович, кандидат биологических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия»; 446442, Россия, Самарская область, Кинельский район, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2; e-mail: ssaa@samara.ru.

Кастальева Татьяна Борисовна, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии»; 143050, Россия, Московская обл., Одинцовский район, раб. пос. Большие Вязёмы, ул. Институт, 5-а; e-mail: kastalyeva@yandex.ru.

Гирсова Наталья Викторовна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, 143050, Россия, Московская обл., Одинцовский район, раб. пос. Большие Вязёмы, ул. Институт, 5-а; e-mail: ngirsova@yandex.ru.

Bogoutdinov Damir Zabikhullovich, Cand. Sc. (Biol.), associate professor, Samara State Agricultural Academy; 2 Uchebnaya Str., urban village Ust-Kinelskiy, Kinelskiy district, Samara Region, 446442, Russia; e-mail: ssaa@samara.ru.

Kastalyeva Tatyana Borisovna, Cand. Sc. (Biol.), leading researcher, All-Russian Research Institute of Phytopathology; 5-a Institut str., town Bolshie Vyaziomy, Odintsovskiy district, Moscow Region, 143050, Russia; e-mail: kastalyeva@yandex.ru.

Girsova Natalya Viktorovna, Cand. Sc. (Biol.), senior researcher, All-Russian Research Institute of Phytopathology; 5-a Institut str., town Bolshie Vyaziomy, Odintsovskiy district, Moscow Region, 143050, Russia; e-mail: e-mail: ngirsova@yandex.ru.

*Дата поступления в редакцию – 12.03.2018.*

*Дата принятия к печати – 30.04.2018.*



УДК 631.461

Пыркин В. О.<sup>1</sup>, Хапчаева С. А.<sup>1</sup>, Дидович С. В.<sup>2</sup>, Зотов В. С.<sup>1</sup>

## ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ БИОПРЕПАРАТОВ НА ПОЧВЕННЫЙ МИКРОБИОМ

<sup>1</sup> ФГУ «Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы биотехнологии» РАН»;

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

**Реферат.** Цель исследования – изучение применения предпосевной обработки семян микробными биопрепаратами «Ризобофит» (на основе клубеньковых бактерий), «Цианобактериальный консорциум» (далее «ЦБК», состоящий из культур цианобактерий *Nostoc* и клубеньковых бактерий) и «Микробный полифункциональный консорциум» (далее «МПК», на основе ризобияльных штаммов, культур *Bacillus* sp. и *Lelliotia* sp.), и их влияние на почвенный микробиом и на трансформацию азота, углерода в почве. Опытный участок – поле ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт зернобобовых и крупяных культур» (п. Стрелецкий, Орловская область). Активность азотфиксации, денитрификации, метаногенеза, эмиссии углекислого газа определяли методами газовой хроматографии. Филогенетическое разнообразие изучали с помощью метода секвенирования нового поколения. Интенсивность процессов азотфиксации выше в случае обработки поликомпонентными биопрепаратами в 8 раз при «ЦБК» и в 14 раз при «МПК». Эмиссия CO<sub>2</sub> снижается в случае применения биопрепаратов «Ризобофит» в 0,8 раза и в 5 раз при «ЦБК», обработка «МПК» стимулирует эмиссию углекислого газа в 1,3 раза. Актуальная денитрификация возрастает при обработке «Ризобофитом» в 1,5 раза, когда потенциальная активность денитрификации не имеет достоверных различий с контролем. Эмиссия метана снижается при обработке всеми биопрепаратами, представленными в исследовании: в 1,3 раза при использовании «Ризобофита» и «Цианобактериального консорциума», в 1,6 раз при «Микробном полифункциональном консорциуме». Бактериальные сообщества всех изучаемых почвенных образцов состоят преимущественно из филумов *Proteobacteria*, *Bacteroidetes*, *Acidobacteria*, *Actinobacteria*, *Firmicutes*, *Gemmatimonadetes*, *Planctomycetes*. Доминируют *Proteobacteria*, *Bacteroidetes*, *Acidobacteria*.

**Ключевые слова:** полифункциональные биопрепараты, клубеньковые бактерии, цианобактерии, биологическая активность почвы, NGS, микробиом ризосферы.

### Введение

Одной из основных задач интенсивного земледелия является его экологизация, которая может включать в себя использование почвенных и земельных ресурсов для сохранения и увеличения плодородия [1]. Из всех факторов, определяющих продуктивность системы «почва-растение-микроорганизмы», именно последние играют главную роль, но остаются наименее изученными. Полезное действие микроорганизмов на растения заключается в увеличении азотфиксации, улучшении фосфорного питания, стимуляции роста, повышении устойчивости, подавлении фитопатогенов и т.д. Снижение применения в сельском хозяйстве минеральных удобрений ставит необходимость поиска дополнительных источников питания для растений. Поэтому в настоящее время большой интерес вызывает перспективность использования биопрепаратов на основе полезных почвенных микроорганизмов с большим биотехнологическим потенциалом [2]. В этом плане перспективны микробные биопрепараты, но при их использовании необходимо изучить не только действие на растение и урожайность, но и на свойства почвы [3].

В связи с этим **цель исследования** – изучение влияния предпосевной обработки семян тремя биопрепаратами на основе микроорганизмов коллекции отдела сельскохозяйственной микробиологии ФГБУН «НИИСХ Крыма»: «Ризобифит» (на основе клубеньковых бактерий), «Цианобактериальный консорциум» (далее «ЦБК», состоящий из культур цианобактерий *Nostoc* и клубеньковых бактерий) и «Микробный полифункциональный консорциум» (далее «МПК», на основе ризобияльных штаммов, культур *Bacillus* sp. и *Lelliotia* sp.) на биологическую активность почв и почвенный микробиом.

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

Полевые испытания опытных партий биопрепаратов для предпосевной обработки семян сои проведены в 2017 г. на базе ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт зернобобовых и крупяных культур» (п. Стрелецкий, Орловская область). На эффективность влияния внесенных препаратов, а также на рост и развитие возделываемой культуры, как правило, сильное воздействие оказывают агроклиматические условия, которые существенно отличаются по всей территории Российской Федерации – тип почв и климата, количество осадков и т.д. Орловская область представлена по большей части зонами переходных почв от дерново-подзолистых к преимущественно выщелоченным и оподзоленным черноземам. Климат умеренно-континентальный, температура июля находится в пределах 17,9–19,6 °С, а января – 9,0–10,5 °С ниже нуля; среднегодовое количество осадков – 500–550 мм. Исследуемые образцы – агро-темно-серая почва ризосферы сои в фазу полной зрелости, перед уборкой урожая. Контроль – вариант без микробной обработки.

В почвенных образцах изучали показатели, характеризующие состояние почвенной микрофлоры и интенсивность процессов микробной трансформации ряда биофильных элементов. Филогенетическое разнообразие изучали с помощью метода секвенирования нового поколения (Next Generation Sequence). Активность азотфиксации, денитрификации, метаногенеза, эмиссии углекислого газа определяли методами газовой хроматографии в пятикратной повторности [4]. Краткое описание используемых методик приведено ниже.

**Определение потенциальной активности азотфиксации (ацетиленовый метод).** Навески почвы (5 г), просеянной через сито (1 мм) помещали в пенициллиновые флаконы, добавляли раствор глюкозы (в расчете 1 % глюкозы от массы воздушно-сухой почвы), при необходимости увлажняли стерильной водой до влажности 60 % от полной влагоемкости. Почву перемешивали стеклянной палочкой для полного распределения глюкозы, флаконы закрывали ватной пробкой и помещали в термостат при температуре 25 °С на сутки. Через сутки инкубации флаконы укупоривали резиновой пробкой, вводили ацетилен (1 мл) и инкубировали в термостате в течение одного часа. Затем из флаконов шприцем отбирали пробу (1 мл) и на хроматографе “Кристалл-2000” с пламенно-ионизационным детектором (ПИД) определяли количество образовавшегося этилена.

**Определение актуальной активности азотфиксации (ацетиленовый метод).** Для определения актуальной нитрогеназной активности навески почвы (5 г) помещали в пенициллиновые флаконы, герметично закрывали резиновыми пробками и при помощи шприца вводили 1 мл ацетилена. Флаконы инкубировали в термостате при температуре 25 °С в течение часа, после чего шприцем из каждого флакона отбирали пробу газовой фазы объемом 1 мл и анализировали на газовом хроматографе “Кристалл – 2000”. Характеристики “Кристалл – 2000”: длина колонки – 1м, диаметр – 3мм, наполнитель – Porapak N 80/100, температура колонки – 60 °С, температура детектора – 160 °С, температура испарителя – 100 °С, расход газа-носителя (N<sub>2</sub>) –50

мл/мин, воздуха – 280 мл/мин, водорода – 28 мл/мин. Определение проводили в пятикратной повторности. Активность азотфиксации выражали в  $\text{нг C}_2\text{H}_4/\text{г}\cdot\text{час}$ .

**Определение потенциальной активности денитрификации.** Навески почвы (5 г) помещали в пенициллиновые флаконы, увлажняли до 60 % от ПВ (полной влагоемкости). Затем вносили глюкозу (из расчета 2,5 мг на г воздушно-сухой почвы), нитрат калия (0,3 мг на г почвы) и добавляли 3 мл стерильной воды, флаконы укупоривали резиновой пробкой. Для создания микроаэрофильных условий, воздух из флаконов вытесняли аргоном в течение 30 сек., затем шприцем вводили 1 мл ацетилена для ингибирования редуктазы закиси азота. Флаконы тщательно встряхивали и помещали в термостат при 25 °С на сутки, после чего проводили измерение концентрации закиси азота.

**Определение актуальной денитрификации.** Навеску свежей почвы (5 г) помещали в пенициллиновые флаконы. Герметично закрывали резиновыми пробками и в течение 1 мин продували аргоном, вводили 1 мл ацетилена и инкубировали при температуре 25 °С. Измерение концентрации закиси азота проводили на третьи-пятые сутки. Анализ газа (закиси азота) проводили на газовом хроматографе “Кристалл-2000” с детектором электронного захвата (ДЭЗ). Характеристика прибора: длина колонки – 1 м, диаметр – 3 мм, наполнитель – Porapak N 80/100, температура колонки – 50 °С, температура детектора – 240 °С, испарителя – 100 °С, расход газа-носителя ( $\text{N}_2$ ) – 90 мл/мин. Определение активности денитрификации проводили в пятикратной повторности. Активность денитрификации выражали в  $\text{мкг N}_2\text{O}/\text{г}\cdot\text{час}$ .

**Определение потенциальной эмиссии  $\text{CO}_2$ .** Навеску свежей почвы (5 г) помещали в пенициллиновые флаконы, увлажняли до 60 % от ПВ (полной влагоемкости). Затем вносили глюкозу (из расчета 2,5 мг на г воздушно-сухой почвы), герметично закрывали резиновыми пробками и инкубировали в течение суток при температуре 25 °С. Анализ газа ( $\text{CO}_2$ ) проводили на газовом хроматографе “М-3700” с детектором по теплопроводности. Эмиссию углекислого газа выражали в  $\text{мкмоль CO}_2/\text{г}\cdot\text{час}$ .

**Определение актуальной эмиссии углекислого газа.** Навеску свежей почвы (5 г) помещали в пенициллиновые флаконы, герметично закрывали резиновыми пробками и инкубировали в течение суток при температуре 25 °С. Анализ газа ( $\text{CO}_2$ ) проводили на газовом хроматографе “М-3700” с детектором по теплопроводности. Длина колонки – 3 м, диаметр – 3 мм, наполнитель – Полисорб-1, температура испарителя – 30 °С, температура катарометра – 100 °С, измерительных элементов – 150 °С, сила тока 148 мА, расход газа-носителя (гелия) – 30 мл/мин. Эмиссию углекислого газа выражали в  $\text{мкмоль CO}_2/\text{г}\cdot\text{час}$ . Определение активности дыхания проводили в пятикратной повторности.

**Определение эмиссии метана.** Навески почвы (5 г), просеянной через сито (1 мм) помещали в пенициллиновые флаконы, увлажняли стерильной водой до влажности 60 % от полной влагоемкости. Флаконы укупоривали резиновой пробкой и помещали в термостат при температуре 25 °С на семь суток. Затем из флаконов отбирали пробу (1 мл), и на хроматографе “Кристалл-2000” с пламенно-ионизационным детектором (ПИД) определяли количество образовавшегося метана. Определение проводили в пятикратной повторности. Эмиссию метана выражали в  $\text{мкг CH}_4/\text{г}\cdot\text{почвы}$ .

**Метагеномный анализ микробиома ризосферы с использованием секвенирования нового поколения (NGS).** Выделение тотальной ДНК из почвенных образцов производили с помощью набора PowerSoil DNA Isolation Kit, MO BIO Laboratories, Inc. На анализ брали 1,0 мл суспензии, осаждали с помощью центрифугирования и далее работали с осадком по протоколу производителя.

Препараты ДНК (10–15 нг) использовали в качестве матрицы в полимеразной цепной реакции (ПЦР) для создания и последующего секвенирования ампликонных библиотек. В ПЦР-реакции использованы универсальные праймеры к варибельному участку V4 гена 16S рРНК (F515 (GTGCCAGCMGCCGCGGTAA) и R806 (GGACTACVSGGGTATСТААТ)) и полимеразы Encyclo («Евроген», Россия). Температурный профиль реакции: 95 °С – 30 сек., 50 °С – 30 сек., 72 °С – 30 сек.; всего 30 циклов [5]. В праймеры вводили олигонуклеотидные идентификаторы для каждого образца (6 идентификаторов) и служебные последовательности, необходимые для пиросеквенирования по протоколу фирмы «Roche» (Швейцария). Подготовку проб и секвенирование проводили на приборе GS Junior («Roche», Швейцария) согласно рекомендациям производителя.

Обработку, анализ данных и построение графиков производили в программах Microsoft Excel 2013, STATISTICA 10.

### Результаты и их обсуждение

#### *Влияние применения биопрепаратов на процесс азотфиксации в почве.*

Актуальная азотфиксация (рисунок 1) выше в случае обработки поликомпонентными биопрепаратами, в 1,5 раза – при «ЦБК» и в 4,5 раза – при «МПК».

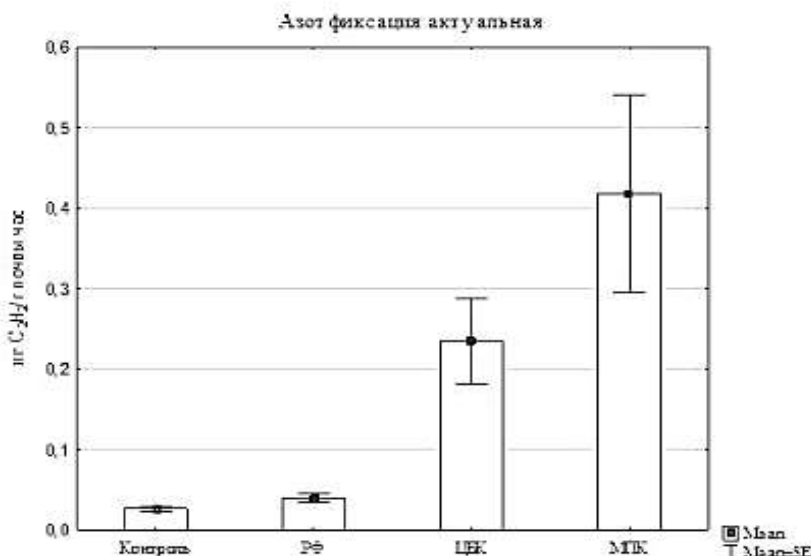


Рисунок 1 – Влияние биопрепаратов на актуальную азотфиксацию в почве

Потенциальная азотфиксация (рисунок 2) имеет такую же тенденцию, но максимальное значение наблюдается в случае обработки «ЦБК». Увеличение активности азотфиксации при использовании многокомпонентных биопрепаратов объясняется тем, что в их состав входят свободные diaзотрофы, а монокомпонентный «Ризобифит» в своем составе имеет только ризобияльные культуры, неспособные к свободной азотфиксации.

#### *Влияние применения биопрепаратов на процесс денитрификации в почве.*

Актуальная денитрификация (рисунок 3) в случае применения многокомпонентных биопрепаратов ниже по сравнению с контролем, тогда как при обработке монокомпонентным «Ризобифитом» наблюдается ее увеличение в 1,5 раза по отношению к контролю. Потенциальная денитрификация (рисунок 4) не имеет достоверных различий между вариантами опыта и контроля. Азотфиксация и денитрификация – противоположные процессы, снижение эмиссии N<sub>2</sub>O может косвенно подтверждать увеличение нитрогеназной активности.

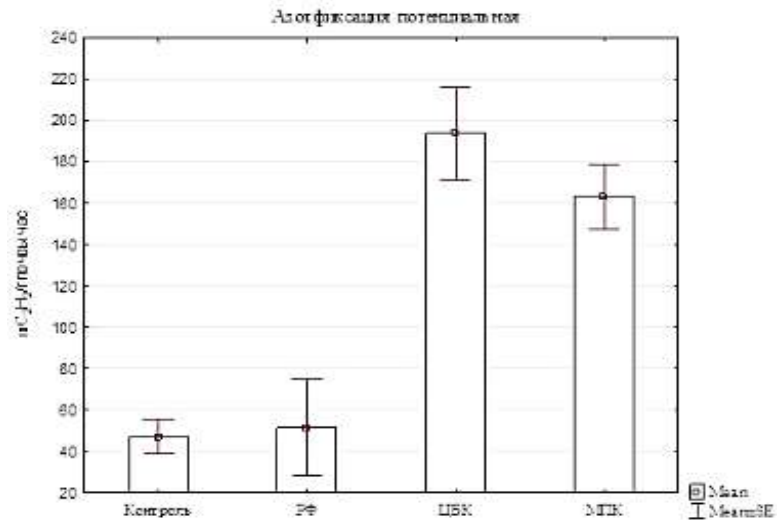


Рисунок 2 – Влияние биопрепаратов на потенциальную азотфиксацию в почве

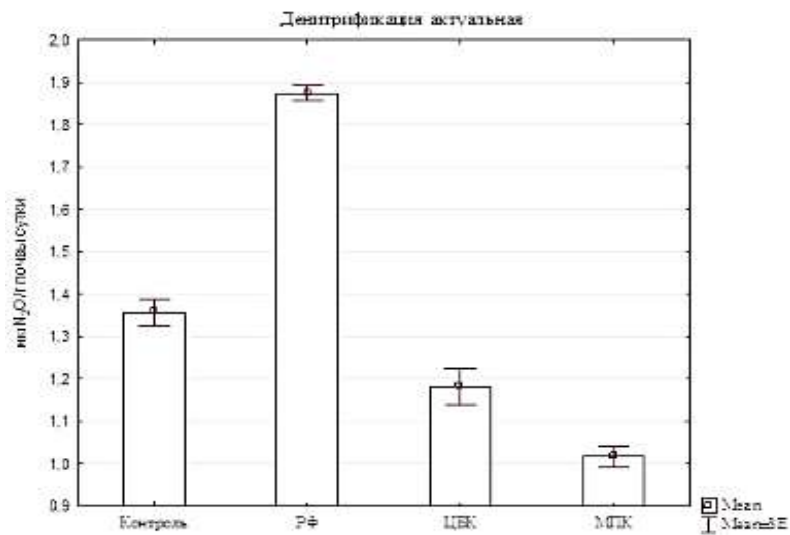


Рисунок 3 – Влияние биопрепаратов на актуальную денитрификацию в почве

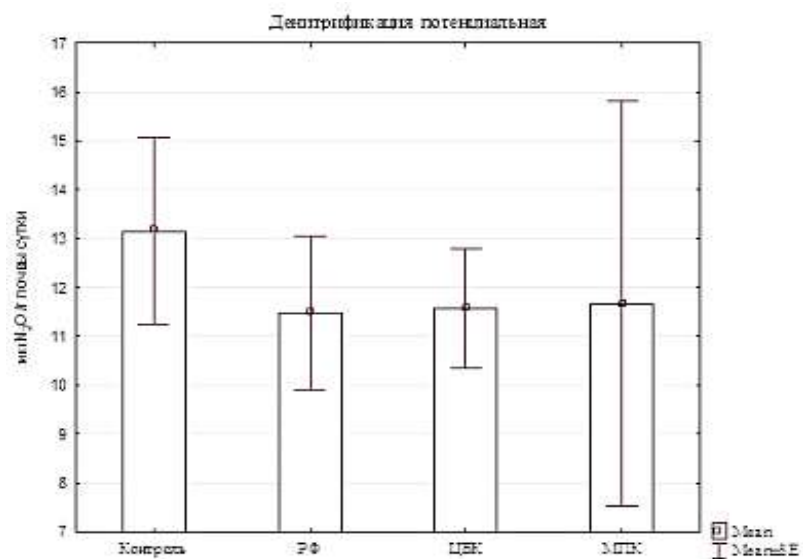
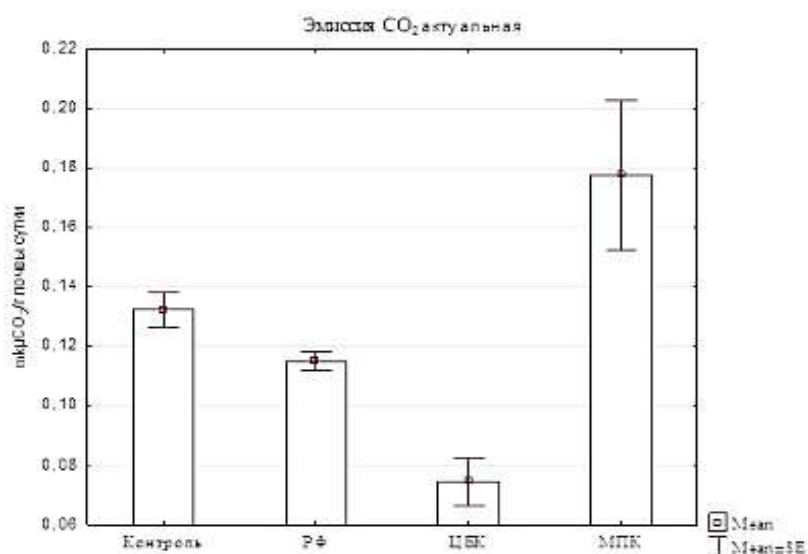


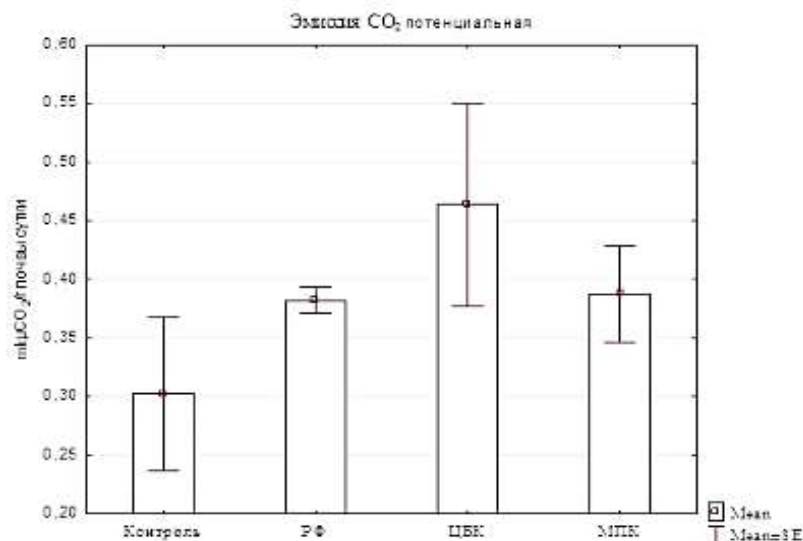
Рисунок 4 – Влияние биопрепаратов на потенциальную денитрификацию в почве



**Влияние применения биопрепаратов на процесс эмиссии  $\text{CO}_2$  из почвы.** Актуальная эмиссия  $\text{CO}_2$  (рисунок 5) снижается в случае применения биопрепаратов «Ризобифит» и «ЦБК», причем в опыте с «ЦБК» ее значение в 2 раза ниже по сравнению с контролем. Обработка «МПК» стимулирует эмиссию углекислого газа – ее значения в 1,5 раза выше, чем в контрольных образцах. Потенциальная эмиссия  $\text{CO}_2$  (рисунок 6) имеет следующие тенденции: увеличение по сравнению с контролем в случае обработки всеми вариантами биопрепаратов; максимальное увеличение наблюдается при обработке «ЦБК». Снижение актуальной и увеличение потенциальной эмиссии  $\text{CO}_2$  в пределах одного образца может свидетельствовать о низкой активности почвенного микробиоценоза в конце вегетационного периода, в фазу которого отобраны образцы.



**Рисунок 5 – Влияние биопрепаратов на актуальную эмиссию  $\text{CO}_2$  из почвы**



**Рисунок 6 – Влияние биопрепаратов на потенциальную эмиссию  $\text{CO}_2$  из почвы**

**Влияние применения биопрепаратов на процесс эмиссии  $\text{CH}_4$  из почвы.** Эмиссия метана (рисунок 7) снижается при обработке микробными удобрениями по отношению к контролю, максимальное снижение наблюдается в случае с «МПК». Снижение эмиссии метана может быть обусловлено увеличением доли метиловых бактерий семейства *Methylophilaceae*, использующих в качестве источников углерода и энергии окисленные или замещенные производные метана [6].

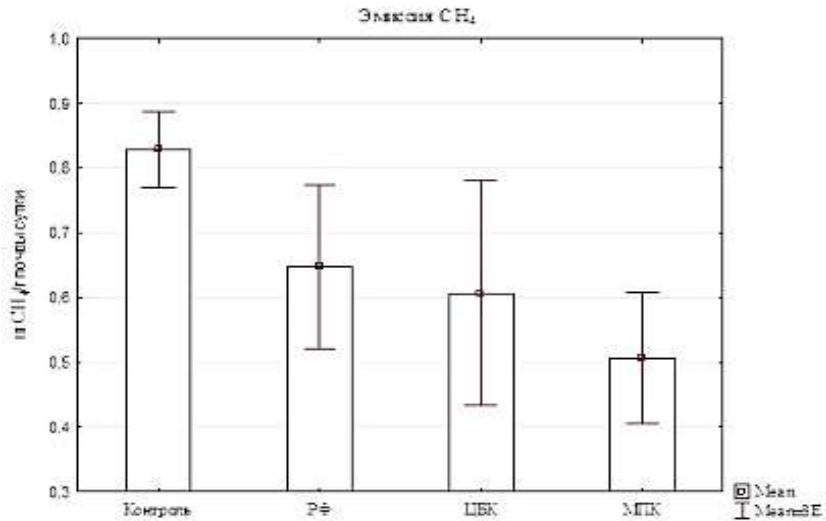


Рисунок 7 – Влияние биопрепаратов на эмиссию CH<sub>4</sub> из почвы

**Анализ филогенетического состава.** Бактериальные сообщества всех изучаемых почвенных образцов (рисунок 8) состоят преимущественно из филумов *Proteobacteria*, *Bacteroidetes*, *Acidobacteria*, *Actinobacteria*, *Firmicutes*, *Gemmatimonadetes*, *Planctomycetes*. Доминируют *Proteobacteria*, *Bacteroidetes*, *Acidobacteria*. Значительное увеличение по сравнению с контролем наблюдается в доле *Bacteroidetes*, *Acidobacteria*, *Verrucomicrobia*.

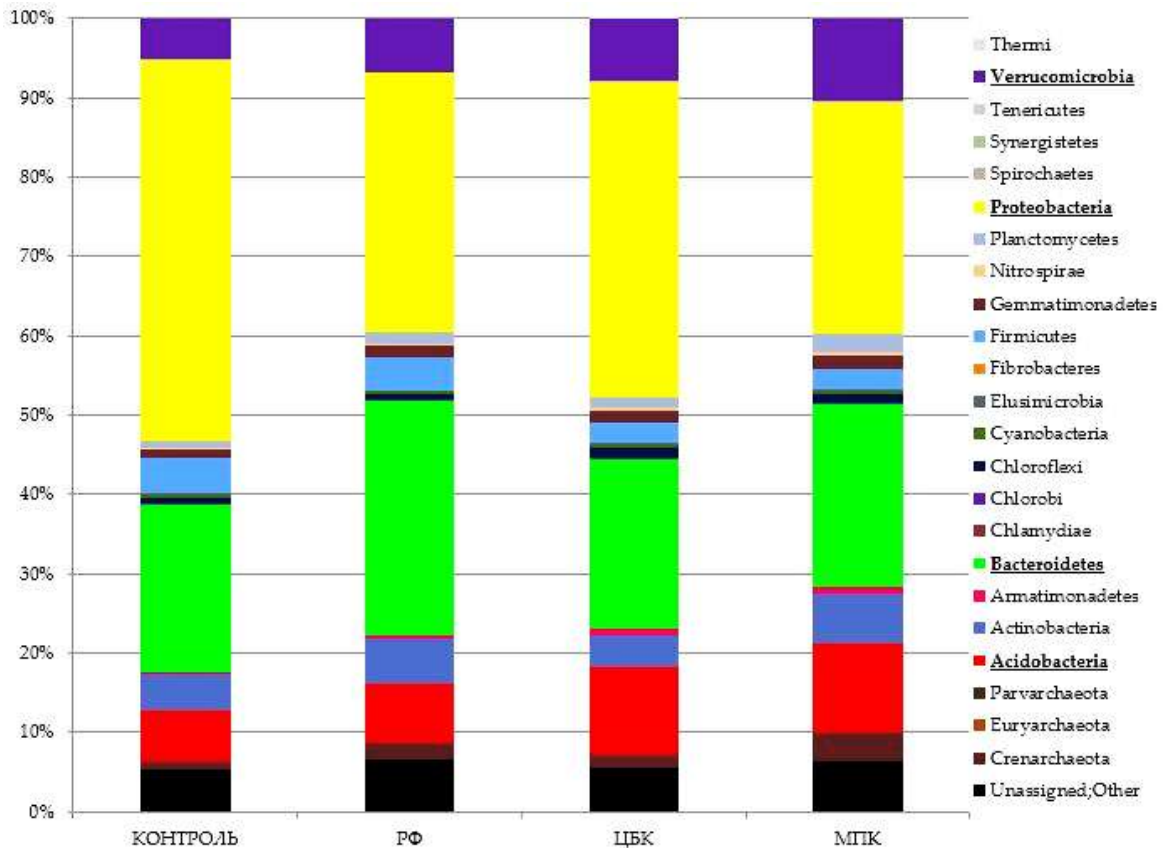


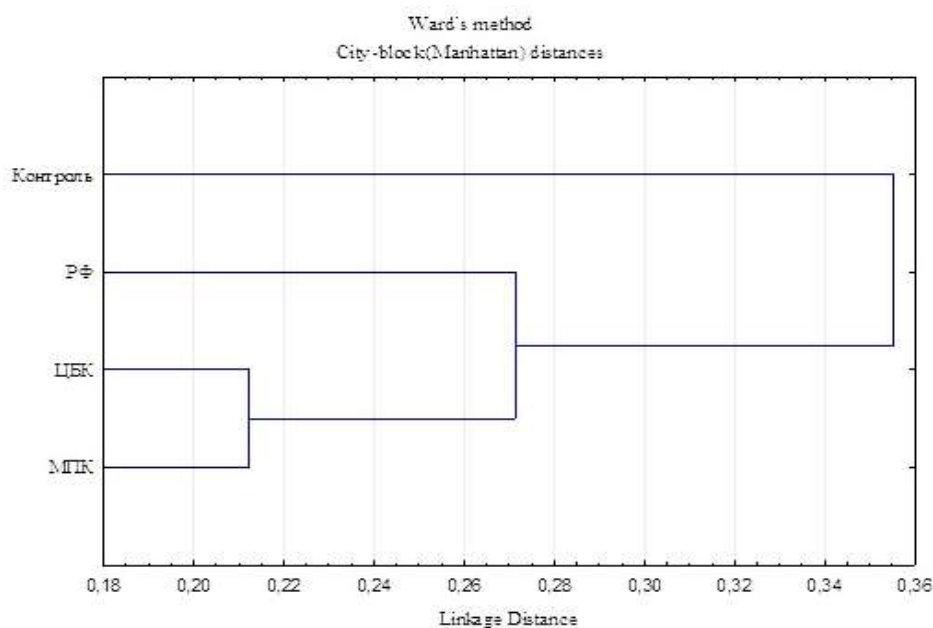
Рисунок 8 – Филогенетическое сообщество по данным NGS 16S рPHК

Филум *Proteobacteria* (таблица 1) имеет тенденцию к снижению в случае обработки биопрепаратами, тем не менее, доля семейств *Methylophilaceae*, *Pseudomonadaceae* и *Xanthomonadaceae*, которые относятся к филуму *Proteobacteria*, увеличивается при обработке микробными препаратами.

**Таблица 1 – Достоверные изменения в родах и семействах филума *Proteobacteria*, по данным NGS 16S рРНК**

<i>Proteobacteria</i>	Контроль, %	Почва с использованием биопрепаратов, %			Изменение, %		
		«Ризобифит»	«ЦБК»	«МПК»	«Ризобифит»	«ЦБК»	«МПК»
<i>Agrobacterium</i>	1,03	0,13	0,43	0,14	-0,90	-0,60	-0,89
<i>Rhizobium</i>	2,30	0,68	0,31	0,33	-1,62	-1,99	-1,97
<i>Acinetobacter</i>	1,65	0,30	0,60	0,48	-1,35	-1,06	-3,14
<i>Methylophilaceae</i>	0,79	2,13	4,23	2,69	1,34	3,44	1,90
<i>Pseudomonadaceae</i>	1,13	3,98	4,48	2,32	2,84	3,35	1,19
<i>Xanthomonadaceae</i>	0,58	3,18	2,00	1,28	2,59	1,42	0,70

На рисунке 9 представлена дендрограмма, основанная на сходстве состава микробиомов ризосферы. По данным кластеризации контроль и варианты обработки биопрепаратами по составу микробных сообществ отличаются друг от друга. Микробиомы при обработке «МПК» и «ЦБК» попарно кластеризуются, что говорит о сходстве их состава и качественном отличии от контроля и варианта обработки монокультурным «Ризобифит».



**Рисунок 9 – Дендрограмма кластеризации почвенных микробиомов, по данным NGS 16SpРНК**

**Анализ бета разнообразия.** Индекс биологического бактериального разнообразия (Индекс Шеннона) выше в случаях обработки биопрепаратами: 5,96 в контроле, 6,03 в варианте с «Ризобифит», 6,24 – с «ЦБК», 6,4 – с «МПК». По сравнению с контролем, самый высокий показатель наблюдался при использовании многокомпонентного препарата «МПК» на основе ризобийных культур *Bacillus u Lelliotia*.

Анализ грибного сообщества по генетическому маркеру ITS 18S-28S рРНК показывает достоверное снижение доли фитопатогенного рода *Fusarium* (таблица 2) при применении предпосевной обработки микробными биопрепаратами.

**Таблица 2 – Изменение рода *Fusarium*, по данным NGS ITS 18S-28S рРНК**

Контроль, %	Почва с использованием биопрепаратов, %			Изменение, %		
	«Ризобифит»	«ЦБК»	«МПК»	«Ризобифит»	«ЦБК»	«МПК»
22,19	8,61	8,41	11,22	-13,57	-13,78	-10,97

### Выводы

В ходе работы отмечено увеличение активности процессов азотфиксации при обработке препаратами «Цианобактериальный консорциум» в 8 раз и «Микробный полифункциональный консорциум» в 14 раз, также данные варианты предпосевной обработки снижают потери азота в 1,5 раза при процессе денитрификации.

Актуальная эмиссия углекислого газа снижается при использовании биопрепаратов «Ризобифит» в 0,8 раз и «Цианобактериальный консорциум» в 5 раз, а использование «Микробного полифункционального консорциума» наоборот, стимулирует почвенное дыхание в 1,3 раза. Дополнительное внесение глюкозы (потенциальная эмиссия CO<sub>2</sub>) стимулирует микробный комплекс, тем самым увеличивая эмиссию CO<sub>2</sub>, во всех случаях использования микробных препаратов: в 1,2 раза при использовании «Ризобифита», в 1,5 раза при применении «Цианобактериального консорциума» и 1,2 раза в опыте с «Микробным полифункциональным консорциумом». Эмиссия метана снижается при обработке всеми биопрепаратами, представленными в исследовании: в 1,3 раза при использовании «Ризобифита» и «Цианобактериального консорциума», в 1,6 раз – при «Микробном полифункциональном консорциуме».

Применение биопрепаратов не вызывает резкого смещения природного баланса на уровне филогенетического состава почвенного микробиома. Доминирующие филумы – *Proteobacteria*, *Bacteroidetes*, *Acidobacteria*. Значительное увеличение доли в сообществе отмечено для *Bacteroidetes*, *Acidobacteria*, *Verrucomicrobia*, а снижение – в доле некоторых родов филумов *Firmicutes* и *Proteobacteria*, которое не влияет на преобладание их в микробном сообществе.

### Литература

1. Панкратова Е. М., Трефилова Л. В., Зяблых Р. Ю., Устюжанин И. А. Цианобактерия *Nostoc paludosum* Kutz как основа для создания агрономически полезных микробных ассоциаций на примере бактерий рода *Rhizobium* // Микробиология. 2008. Т. 77. № 2. С. 266–272.
2. Дидович С. В., Москаленко С. В., Темралеева А. Д., Хапчаева С. А. Биотехнологический потенциал почвенных цианобактерий (обзор) // Вопросы современной альгологии. 2017. № 2 (14). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://algology.ru/1170> (дата обращения 12.05.2018).
3. Завалин А. А. Биопрепараты, удобрения и урожай. М.: ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д. Н. Прянишникова», 2005. 302 с.
4. Степанов А. Л., Лысак Л. В. Методы газовой хроматографии в почвенной микробиологии. М.: МАКС Пресс, 2002. 88 с.
5. Чирак Е. Л., Першина Е. В., Дольник А. С., Кутовая О. В., Василенко Е. С., Когут Б. М., Мерзлякова Я. В., Андронов Е. Е. Таксономическая структура микробных сообществ в почвах различных типов по данным высокопроизводительного секвенирования библиотек гена 16S рРНК // Сельскохозяйственная биология. 2013. № 3. С. 100–110.
6. Тишков В. И., Троценко Ю. А., Доронина Н. В., Торгонская М. Л. Аэробные метилобактерии // Прикладная биохимия и микробиология. 2011. Т. 47. № 3. С. 362–362.

## References

1. Pankratova E. M., Trefilova L. V., Zyablykh R. Yu, Ustyuzhanin I. A. Cyanobacterium *Nostoc paludosum* Kütz as a basis of creation of agriculturally useful microbial associations on the example of bacteria of the genus *Rhizobium* // *Microbiology*. 2008. Issue 77. No. 2. P. 266–272.
2. Didovich S. V., Moskalenko S. V., Temraleeva A. D., Khapchaeva S. A. Biotechnological potential of soil cyanobacteria (review) // *Issues of modern algology*. No. 22 (14). [Electronic resource]. Access point: <http://algology.ru/1170> (reference's date 12.05.2018).
3. Zavalin A. A. Biopreparations, fertilizers and crops. Moscow: Federal State Budget Scientific Institution "All-Russian Scientific Research Institute of Agrochemistry named after D.N. Pryanishnikov", 2005. 302 p.
4. Stepanov A. L., Lysak L. V. Methods of gas chromatography in soil microbiology. Moscow: MAKS Press, 2002. 88 p.
5. Chirak E. L., Pershina E. V., Dol'nik A. S., Kutovaya O. V., Vasilenko E. S., Kogut B. M., Merzlyakova Ya. V., Andronov E. E. Taxonomic structure of microbial association in different soils investigated by high-throughput sequencing of 16S-rRNA gene library // *Agricultural Biology*. 2013. No. 3. P. 100–110.
6. Tishkov V. I., Trotsenko Yu. A., Doronina N. V., Torganskaya M. L. Aerobic methylobacteria // *Applied Biochemistry and Microbiology*. 2011. Issue 47. No. 3. P. 362–362.

UDC 631.461

Pyrkin V. O., Khapchaeva S. A., Didovich S. V., Zotov V. S.

### INFLUENCE OF COMPLEX BIOPREPARATES ON THE SOIL MICROBIOME

**Summary.** *The purpose of the research is to study the application of seed pre-sowing treatment with microbial biopreparations "Rhizobophyt" (based on nodule bacteria), "Cyanobacterial consortium" (acronym is "CBC"), consisting of cultures of cyanobacteria *Nostoc* and nodule bacteria) and "Microbial polyfunctional consortium" (acronym is "MPC"), on the basis of rhizobial strains, cultures of *Bacillus* sp. and *Lelliotia* sp., as well as their effect on soil microbiome and on the transformation of nitrogen and carbon in the soil. The field of FSBSI "The All-Russia Research Institute of Legumes and Groat Crops (VNIIZBK) (village Streletskiy, Orel region) served as the experimental site. The activity of nitrogen fixation, denitrification, methanogenesis, and carbon dioxide emission was determined by gas chromatography. Phylogenetic diversity was studied using Next-Generation Sequencing (NGS) Method. The intensity of nitrogen fixation processes is 8 times higher in the case of treatment with polycomponent biopreparation "CBC" and 14 times higher – with "MPC". CO<sub>2</sub> emission decreases in case of application biological preparation "Rhizobophyt" by 0.8 times and by 5 times in case of "CBC" application. Treatment with "MPC" stimulates the emission of carbon dioxide by 1.3 times. When treated with "Rhizobophyt", actual denitrification increases one and half times; when the potential activity of denitrification does not have significant differences with the control. Emission of methane is reduced by treatment with all biological products presented in the study: 1.3 times with the use of "Rhizobophyt" and "Cyanobacterial consortium", 1.6 times – with the "Microbial polyfunctional consortium". Bacterial communities of all studied soil samples consist mainly of phylums *Proteobacteria*, *Bacteroidetes*, *Acidobacteria*, *Actinobacteria*, *Firmicutes*, *Gemmatimonadetes*, *Planctomycetes*. *Proteobacteria*, *Bacteroidetes*, *Acidobacteria* are dominant.*

**Keywords:** *polyfunctional biopreparations, nodule bacteria, cyanobacteria, biological activity of soil, NGS, rhizosphere microbiome.*

Пыркин Владислав Олегович, старший лаборант, Институт биохимии имени А. Н. Баха, ФГУ «Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы биотехнологии» РАН»; 119071, Россия, г. Москва, Ленинский проспект, 33, стр. 2; e-mail: [vladislw@yandex.ru](mailto:vladislw@yandex.ru).



Хапчаева Софья Арсеновна, младший научный сотрудник, группа альгобиотехнологии, Институт биохимии имени А. Н. Баха, ФГУ «Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы биотехнологии» РАН»; 119071, Россия, г. Москва, Ленинский проспект, 33, стр. 2; e-mail: sakhapchaeva.1990@gmail.com.

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

Зотов Василий Сергеевич, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Институт биохимии имени А. Н. Баха, ФГУ «Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы биотехнологии» РАН»; 119071, Россия, г. Москва, Ленинский проспект, 33, стр. 2; e-mail: algo.consortium@gmail.com.

Pyrkin Vladislav Olegovich, senior laboratory assistant, Bach Institute of Biochemistry, “Federal Research Centre “Fundamentals of Biotechnology” of the Russian Academy of Sciences”; 33 Leninsky prospect, build. 2, Moscow, 119071, Russia; e-mail: vladisluw@yandex.ru.

Khapchaeva Sofya Arsenovna, junior research scientist, algobiotechnology group, Bach Institute of Biochemistry, “Federal Research Centre “Fundamentals of Biotechnology” of the Russian Academy of Sciences”; 33 Leninsky prospect, build. 2, Moscow, 119071, Russia; e-mail: sakhapchaeva.1990@gmail.com.

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

Zotov Vasiliy Sergeevich, Cand. Sc. (Biol.), senior researcher, Bach Institute of Biochemistry, Federal Research Centre «Fundamentals of Biotechnology» of the Russian Academy of Sciences; 33 Leninsky prospect, build. 2, Moscow, 119071, Russia; e-mail: algo.consortium@gmail.com.

*Дата поступления в редакцию – 30.04.2018.*

*Дата принятия к печати – 15.05.2018.*

DOI 10.25637/TVAN.2018.02.04.

УДК 589.64: 632.122: 631.95

Чайковская Л. А.<sup>1</sup>, Овсиенко О. Л.<sup>1</sup>, Баранская М. И.<sup>1</sup>, Ключенко В. В.<sup>2</sup>,  
Липиева Н. Н.<sup>3</sup>

## ВОЗДЕЙСТВИЕ МИКРОБНЫХ ПРЕПАРАТОВ НА СОДЕРЖАНИЕ ВОДОРАСТВОРИМЫХ ФОРМ МЕДИ В РИЗОСФЕРЕ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА

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

<sup>2</sup>Агропромышленный колледж ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И.Вернадского»;

<sup>3</sup>ФГБУ «Центр агрохимической службы “Крымский”»

**Реферат.** Загрязнение биосферы тяжелыми металлами (ТМ) – наиболее распространенное и сильнейшее по действию химическое загрязнение. Потому поиск путей снижения их токсического воздействия на окружающую среду является приоритетным и актуальным. Цель исследований – определение влияния микробного препарата «Фосфоэнтерин» на содержание водорастворимых форм меди в ризосфере озимой пшеницы, их накопление в зерне и его качественные показатели (содержание белка и клейковины). Исследования проведены в условиях модельных полевых опытов. Количественное содержание водорастворимых форм меди в образцах почвы и зерна определяли методом атомно-абсорбционного анализа, содержание клейковины и белка в зерне – методом инфракрасной спектроскопии. Установлено, что применение «Фосфоэнтерина» для предпосевной инокуляции позволило снизить концентрацию водорастворимых форм Си в ризосфере бактеризованных растений по сравнению с контролем на разных уровнях загрязнения почвы (в 1,9–3,6 раза): 4,8; 24,9 и 30,7 мг/кг на фоне 5, 10 и 20 ПДК соответственно. Не выявлено заметного влияния инокуляции на содержание водорастворимых соединений меди в зерне озимой пшеницы. Выявлено положительное влияние предпосевной бактеризации семян на качественные показатели зерна озимой пшеницы, выращенной на естественном фоне (содержание белка и клейковины возросло до 15,2 и 28,4 % против 13,4 и 23,9 % в контроле соответственно), а также повышение ее зерновой продуктивности.

**Ключевые слова:** «Фосфоэнтерин», инокуляция, озимая пшеница, водорастворимые соединения меди, ризосфера, зерно.

### Введение

В современных процессах загрязнения окружающей среды приоритетная роль принадлежит тяжелым металлам (ТМ). Пути их поступления в природные и агроэкосистемы различны: выбросы фабрик, заводов, автотранспорта, применение химических средств защиты растений и др. В результате ТМ, в частности медь, накапливаются в почве и гидросфере, а также мигрируют в растения, выращиваемые на загрязненных территориях. Снизить токсическое действие ТМ в условиях агрофитоценоза возможно при переходе к биологическому земледелию, одним из приемов которого является применение экологически безопасных микробных препаратов [1, 2]. Известно, что входящие в их состав хозяйственно полезные микроорганизмы улучшают рост и питание сельскохозяйственных культур, а также обладают протекторными свойствами, защищая растения от вредителей и стресса [3, 4]. Так, рядом исследователей показана способность биоагентов микробных препаратов превращать токсичные для растений формы ТМ в менее токсичные нерастворимые комплексы [5–7].

**Цель исследований** – определение влияния микробных препаратов (на примере препарата «Фосфоэнттерин») на содержание водорастворимых форм меди в ризосфере озимой пшеницы, их накопление в зерне и его качественные показатели (содержание белка и клейковины) в условиях модельных полевых опытов.

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

Полевые исследования проведены на опытном поле Крымского агропромышленного колледжа ФГАОУ ВО «КФУ имени В. И. Вернадского» (Симферопольский район) в 2011–2014 гг.

Почва участка – чернозем южный малогумусный карбонатный. Агрохимическая характеристика почвы: содержание гумуса – 2,5 %; подвижных форм азота и фосфора – 5,3 и 2,6 мг/100 г почвы соответственно; рН водной вытяжки – 7,0–7,2. Площадь посевных участков составляла 10 м<sup>2</sup>, учетных – 5 м<sup>2</sup>, их размещение рендомизированное; повторность опытов – четырехкратная.

Культура – озимая пшеница *Triticum aestivum* L. Полевые эксперименты и статистическая обработка полученных данных проведены в соответствии с общепринятыми методами [8]. Ранней весной в почву вносили раствор CuSO<sub>4</sub> из расчетов (по содержанию Cu), соответствующих уровням загрязнения: 5, 10 и 20 ПДК. В контрольных вариантах раствор CuSO<sub>4</sub> не вносили. Для предпосевной инокуляции семян пшеницы использован микробный препарат «Фосфоэнттерин», созданный на основе фосфатмобилизующей бактерии *Enterobacter nimipressuralis* 32-3 [9–10], в контроле семена увлажняли водой. Определение количественного содержания водорастворимых форм меди в почве и растениях (зерно) проведено методом атомно-абсорбционного анализа в лаборатории ФГБУ «Центр агрохимической службы “Крымский”» согласно методическим указаниям ГОСТ [11–14]. Содержание клейковины и белка в зерне определяли методом инфракрасной спектроскопии [15–17].

#### **Результаты и их обсуждение**

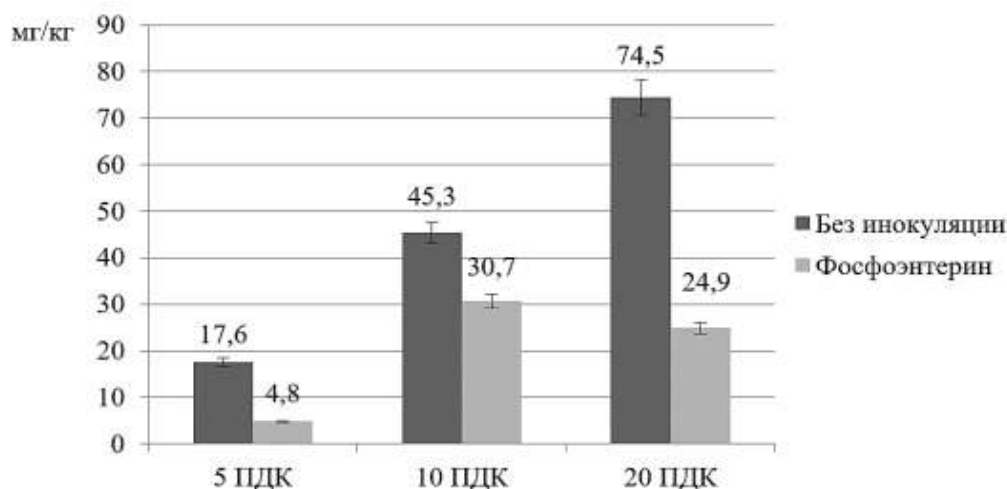
Анализ полученных результатов показал незначительное фоновое содержание водорастворимых форм Cu в почве опытного участка: оно составляло 0,59 мг/кг и не превышало допустимые значения ПДК для почв (6 мг/кг). Необходимо отметить, что полученные данные соответствуют результатам, установленными другими авторами для пахотных почв Крыма [18]. Также нами выявлена тенденция к незначительному снижению содержания водорастворимых форм меди на естественном фоне (до 0,48 мг/кг) в ризосфере бактериализованных растений пшеницы.

Внесение в почву раствора CuSO<sub>4</sub> привело к значительному повышению уровня загрязнения ризосферы пшеницы водорастворимыми соединениями Cu (рисунок 1). Так, их содержание превысило допустимое значение ПДК в 3,7–12 раз при внесении CuSO<sub>4</sub> и составило 17,6; 45,3 и 74,5 мг/кг из расчета 5, 10 и 20 ПДК соответственно.

Применение «Фосфоэнттерина» для предпосевной инокуляции позволило снизить концентрацию водорастворимых форм Cu в ризосфере бактериализованных растений по сравнению с контролем на каждом из уровней загрязнения почвы: в 3,6; 1,9 и 2,4 раза, что составило 4,8; 24,9 и 30,7 мг/кг на фоне 5, 10 и 20 ПДК соответственно.

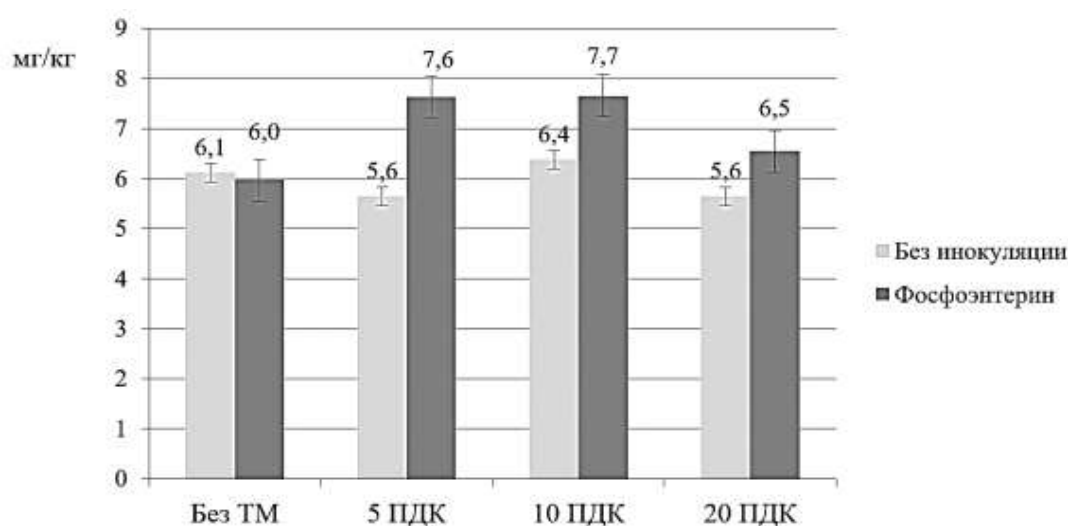
Однако не взирая на достаточно значительные колебания количества водорастворимых соединений меди в ризосфере озимой пшеницы на естественном фоне и участках с различным уровнем загрязнения раствором CuSO<sub>4</sub>, их аккумуляция в зерне, согласно результатам наших исследований, не превышала ПДК (для пищевых продуктов 10 мг/кг) и находилась в пределах 5,6–6,4 мг/кг (рисунок 2). Следует отметить, что в зерне бактериализованных растений, выросших на загрязненных

участках, аккумуляция водорастворимых соединений Си была несколько выше, чем в контроле и составляла 6,5–7,7 мг/кг.



**Рисунок 1 – Содержание водорастворимых соединений Си в ризосфере озимой пшеницы при различных уровнях загрязнения почвы**

Известно, что на передвижение ТМ в системе почва-растение влияют многие факторы: физические и химические свойства почв, их биологическая активность, а также физиологические механизмы различных видов растений. Эти факторы могут обуславливать общую форму и способность переноса ТМ в системе почва-растение [19]. Согласно исследований Wu S.L. et al. [20] и Xue, Y. et al. [21], в растения пшеницы наибольшая часть ТМ поступает из почвы. При изучении аккумуляции ТМ в различных частях озимой пшеницы установлено, что их наибольшее количество накапливается в корнях и наименьшее – в зерне [22].

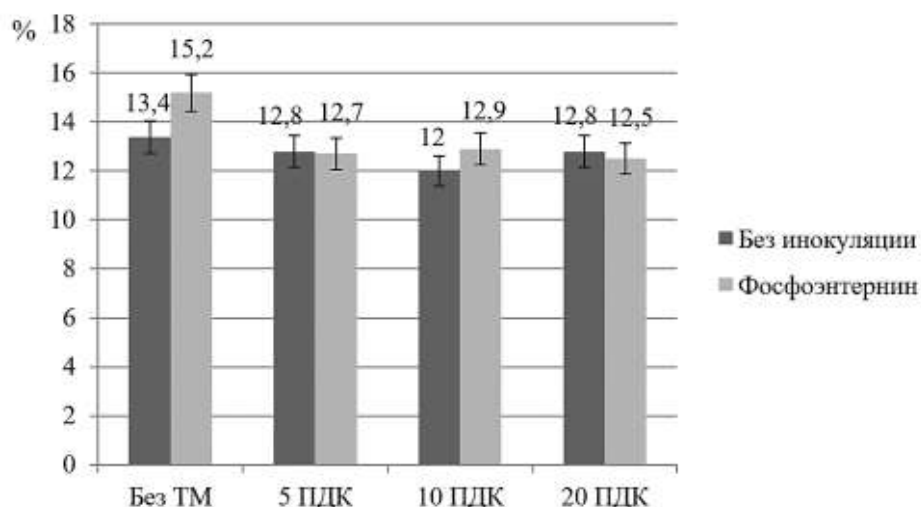


**Рисунок 2 – Содержание водорастворимых соединений меди в зерне озимой пшеницы при различных уровнях загрязнения почвы**

Таким образом установлено, что применение микробного препарата «Фосфоэнттерин» для предпосевной инокуляции семян озимой пшеницы способствует снижению содержания водорастворимых соединений меди в ризосфере

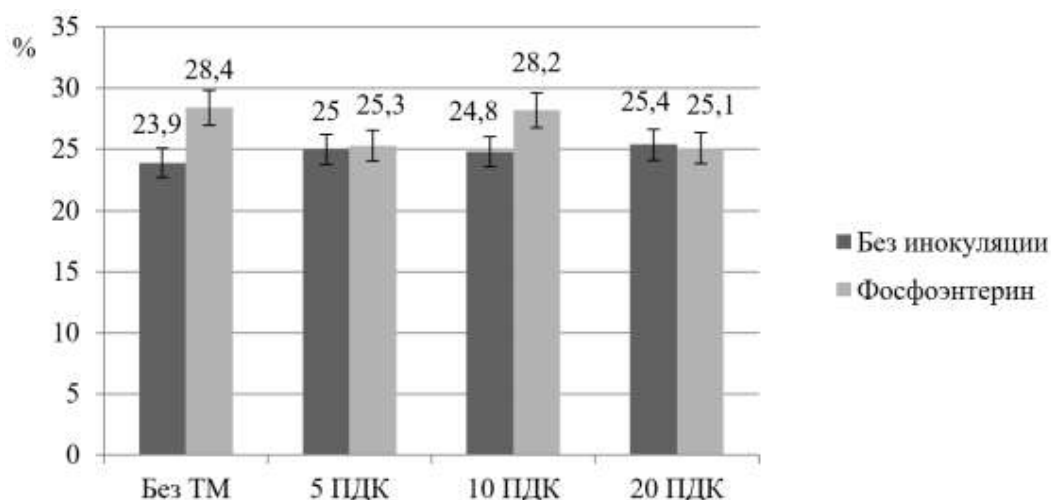
бактеризованных растений (в 1,9–3,6 раза по сравнению с контролем). Показано, что содержание водорастворимых соединений Си в зерне озимой пшеницы не превышало ПДК и находилось в пределах 5,6–7,7 мг/кг. Не выявлено заметного влияния предпосевной инокуляции на содержание водорастворимых соединений Си в зерне озимой пшеницы.

Известно, что одними из наиболее важных показателей качества зерна является содержание в нем белка и клейковины. Полученные результаты свидетельствуют о том, что применение «Фосфоэнтерина» для предпосевной бактериализации семян способствовало увеличению содержания белка в зерне пшеницы, выросшей на участках естественного фона: до 15,2 против 13,4 % в контроле (рисунок 3). Не выявлено существенного влияния предпосевной инокуляции семян на содержание белка в зерне пшеницы, выросшей на загрязненных  $\text{CuSO}_4$  участках.



**Рисунок 3 – Влияние бактериализации на содержание белка в зерне озимой пшеницы при различных уровнях загрязнения почвы**

Также установлено положительное влияние предпосевной бактериализации семян на увеличение содержания клейковины в зерне озимой пшеницы, выращенной на участках естественного фона: до 28,4 по сравнению с 23,9 % в контроле (рисунок 4).



**Рисунок 4 – Влияние бактериализации на содержание клейковины в зерне озимой пшеницы при различных уровнях загрязнения почвы**



Кроме того, необходимо отметить положительное воздействие «Фосфоэнтрина» на количество клейковины в зерне пшеницы при загрязнении почвы на уровне 10 ПДК: оно возросло до 28,2 % (против 24,8 % в варианте без инокуляции).

Итак, выявлено позитивное воздействие предпосевной инокуляции семян на основные показатели качества зерна озимой пшеницы (содержание белка и клейковины возросло до 15,2 и 28,4 % против 13,4 и 23,9 % в контроле соответственно), выращенной на участках с естественным фоном. Не выявлено существенного влияния предпосевной инокуляции семян на содержание белка и клейковины в зерне пшеницы, выросшей на загрязненных  $\text{CuSO}_4$  участках.

Применение микробного препарата «Фосфоэнтрин» для предпосевной инокуляции семян оказало положительное воздействие и на зерновую продуктивность озимой пшеницы: она возросла в среднем за три года по сравнению с контролем (без инокуляции) на 0,16 т/га (6,4 %) на участках естественного фона и на 0,25–0,38 т/га (12–22 %) при загрязнении почвы.

### Выводы

Установлено, что применение микробного препарата «Фосфоэнтрин» для предпосевной инокуляции семян озимой пшеницы способствует снижению содержания водорастворимых соединений меди в ризосфере бактеризованных растений (в 1,9–3,6 раза по сравнению с контролем) в условиях модельных полевых опытов. Не выявлено заметного влияния инокуляции на содержание водорастворимых соединений  $\text{Cu}$  в зерне озимой пшеницы.

Выявлено положительное влияние предпосевной инокуляции на качественные показатели зерна озимой пшеницы (содержание белка и клейковины возросло до 15,2 и 28,4 % против 13,4 и 23,9 % в контроле соответственно), а также повышение ее зерновой продуктивности.

### Литература

1. Тихонович И. А., Проворов Н. А. Сельскохозяйственная микробиология как основа экологически устойчивого агропроизводства: фундаментальные и прикладные аспекты // Сельскохозяйственная биология. 2011. № 3. С. 3–9.
2. Завалин А. А., Кожемяков А. П. Новые технологии и применение биопрепаратов комплексного действия. СПб: ХИМИЗДАТ, 2010. 64 с.
3. Белимов А.А. Взаимодействие ассоциативных бактерий и растений в зависимости от биотических и абиотических факторов. Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. СПб: Изд-во СПбГУ, 2008. 45 с.
4. Белимов А. А., Тихонович И. А. Микробиологические аспекты устойчивости и аккумуляции тяжелых металлов у растений // Сельскохозяйственная микробиология. 2011. № 3. С. 10–15.
5. Архипова Т. Н., Мелентьев А. И., Веселов С. Ю., Кудоярова Г. Р. Влияние цитокининпродуцирующих микроорганизмов на устойчивость растений салата к токсическому действию кадмия // Агрехимия. 2004. № 3. С. 69–73.
6. Белоголова Г. А., Соколова М. Г., Гордеева О. Н. Влияние ризосферных бактерий на миграцию и биодоступность тяжелых металлов, мышьяка и фосфора в техногенно-загрязненных экосистемах // Агрехимия. 2013. № 6. С. 69–77.
7. Белоголова Г. А., Соколова М. Г., Пройдакова О. А. Влияние почвенных бактерий на поведение химических элементов в системе почва-растение // Агрехимия. 2011. № 9. С. 89–97.
8. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
9. Деклараційний патент України на корисну модель №12536. Спосіб отримання удобрювального біопрепарату «Фосфоентрин» на основі штаму фосфатмобілізуючих бактерій *Enterobacter nimipressuralis* 32-3 / Чайковська Л. О. [та ін.]. № заявки у 2005 07619, рішення від 21.11.05. Бюл. 2. 5 с.
10. Деклараційний патент України на корисну модель №12537. Удобрювальний біопрепарат «Фосфоентрин» на основі штаму фосфатмобілізуючих бактерій *Enterobacter nimipressuralis* 32-3 / Чайковська Л. О. [та ін.]. № заявки у 2005 07621, рішення від 10.11.05. Бюл. 2. 8 с.
11. ГОСТ 26929-94. Сырье и продукты пищевые. Подготовка проб. Минерализация для определения содержания токсичных элементов. М.: ИПК Издательство стандартов. 2010. 12 с.

12. ГОСТ 30178-96. Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов. М.: ИПК Издательство стандартов. 1998. 10 с.
13. ГОСТ Р 50683-94. Почвы. Определение подвижных соединений меди и кобальта по методу Крупского и Александровой в модификации ЦИНАО. М.: ИПК Издательство стандартов. 1995. 19 с.
14. РД 52.18.289-90. Методические указания. Методика выполнения измерений массовой доли подвижных форм металлов (меди, свинца, цинка, никеля, кадмия, кобальта, хрома, марганца) в пробах почвы атомно-абсорбционным анализом. М.: ИПК Издательство стандартов. 1991. 4 с.
15. Национальный стандарт РФ ГОСТ Р 52554-2006 «Пшеница. Технические условия». М.: ИПК Издательство стандартов. 2007. 4 с.
16. ГОСТ 10846-91. Зерно и продукты его переработки. Метод определения белка. М.: ИПК Издательство стандартов. 2009. 8 с.
17. ГОСТ 13586.1-68. Зерно. Методы определения количества и качества клейковины в пшенице. М.: ИПК Издательство стандартов. 2009. 6 с.
18. Sychevskiy M. E., Vinnik A. L., Svyatyuk Yu. V. Dynamics of the content of mobile forms of heavy metals in the soils of the Crimea under the influence of 45-year-old application of mineral fertilizers // *Agroecologichnyi zhurnal*. 2012. No. 3. P. 111–114.
19. Zheng H. Y., Yao X. R., Hou Y. L. Establishment of heavy metal bioaccumulation model of soil pattern-crop system in China // *J. Agro-Eviron. Sci.* 2015. No. 34. P. 257–265.
20. Wu S. L., Zhang X., Chen B. D. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on heavy metal translocation and transformation in soil – plant continuum // *Asian. J. Ecotoxicol.* 2013. No. 8. P. 847–856.
21. Xue Y., Wang Y. Y., Yao Q. H., Song K., Zheng X. Q. Research progress in plants resistance to heavy metal Cd in soil // *Ecol. Environ. Sci.* 2014. No. 23. P. 528–534.
22. Wang X. R., Zhon S. L., Wu S. H. Accumulation of heavy metals in different parts of wheat plant from Yangtze River Delta, China // *Int. J. Agric. Biol.* 2016. No. 18. P. 1242–1248.

### References

1. Tikhonovich I. A., Provorov N. A. Agricultural microbiology as the basis of ecologically sustainable agriculture: fundamental and applied aspects // *Agricultural biology*. 2011. No. 3. P. 3–9.
2. Zavalin A. A., Kozhemyakov A. P. New technologies of promotion and application of biopreparations with complex impact. Saint-Petersburg: CHIMIZDAT, 2010. 64 p.
3. Belimov A. A. Interaction of associative bacterium and plants depending on biotic and abiotic factors: Author's abstract of dis. .... doctor biol. sciences. Saint-Petersburg: Publishing house of SPbSU, 2008. 45 p.
4. Belimov A. A., Tikhonovich I. A. Microbiological aspects of resistance and accumulation of heavy metals by plants // *Agricultural biology*. 2011. No. 3. P. 10–15.
5. Arkhipova T. N., Melentyev A. I., Veselov S. Yu, Kudoyarova G. R. The effect of cytokinin-producing microorganisms on the tolerance of lettuce plants to cadmium stress // *Agricultural chemistry*. 2004. No. 3. P. 69–73.
6. Belogolova G. A., Sokolova M. G., Gordeyeva O. N. Migration and bio-accessibility of heavy metals, Arsenic and Phosphorus: the impact of rhizospheric bacteria in technogenic-polluted ecosystems // *Agricultural chemistry*. 2013. No. 6. P. 69–77.
7. Belogolova G. A., Sokolova M. G., Proidakova O. A. Effect of soil bacteria on the distribution of chemical elements in the soil-plant system // *Agricultural chemistry*. 2011. No. 9. P. 89–97.
8. Dospekhov B. A. Methods of field research (and basis of statistical treatment of researches results). Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p.
9. The Declaration patent of Ukraine for useful model No. 12536. A method of producing a fertilizing biopreparation “Phosphoenterin” on the basis of phosphate mobilizing strain of the bacteria *Enterobacter nimipressuralis* 32-3 / Chaikovska L. A. [et al.]. Application No. u 2005 07619, decision of 21.11.05. Bull. 2. 5 p.
10. The Declaration patent of Ukraine for useful model No. 12537. Fertilizing biopreparation “Phosphoenterin” on the basis of phosphat mobilizing strain of the bacteria *Enterobacter nimipressuralis* 32-3 / Chaikovska L.A. [et al.]. Application No. u 2005 07621, decision dated 10.11.05. Bull. 2. 8 p.
11. GOST 26929-94. Raw material and food-stuffs. Preparation of samples. Decomposition of organic matters for analysis of toxic elements. Moscow: Publishing and printing center Izdatelstvo standartov. 2010. 12 p.
12. GOST 30178-96. Raw materials and food. Atomic absorption method for determination of toxic elements. Moscow: Publishing and printing center Izdatelstvo standartov. 1998. 10 p.
13. GOST R 50683-94. Soils. Determination of mobile compounds of copper and cobalt by Krupsky and Alexandrova method modified by CINAО. Moscow: Publishing and printing center Izdatelstvo standartov. 1995. 19 p.

14. RD 52.18.289-90. Methodical instructions. Methods of measurement of the mass fraction of mobile forms of metals (copper, lead, zinc, nickel, cadmium, cobalt, chromium, manganese) in soil samples by atomic absorption analysis. Moscow: Publishing and printing center Izdatelstvo standartov. 1991. 4 p.
15. Russian national standard GOST R 52554-2006 "Wheat. Specifications". Moscow: Publishing and printing center Izdatelstvo standartov. 2007. 4 p.
16. GOST 10846-91. Grain and products of its processing. Method for determination of protein. Moscow: Publishing and printing center Izdatelstvo standartov. 2009. 8 p.
17. GOST 13586.1-68 Grain. Methods for determining the quantity and quality of gluten in wheat. Moscow: Publishing and printing center Izdatelstvo standartov. 6 p.
18. Sychevskiy M. E., Vinnik A. L., Svyatyuk Yu. V. Dynamics of the content of mobile forms of heavy metals in the soils of the Crimea under the influence of 45-year-old application of mineral fertilizers // Agroecologichnyi zhurnal. 2012. No. 3. P. 111–114.
19. Zheng H. Y., Yao X. R., Hou Y. L. Establishment of heavy metal bioaccumulation model of soil pattern-crop system in China // J. Agro-Eviron. Sci. 2015. 34. P. 257–265.
20. Wu S. L., Zhang X., Chen B. D. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on heavy metal translocation and transformation in soil – plant continuum // Asian. J. Ecotoxicol. 2013. No. 8. P. 847–856.
21. Xue Y., Wang Y. Y., Yao Q. H., Song K., Zheng X. Q. Research progress in plants resistance to heavy metal Cd in soil // Ecol. Environ. Sci. 2014. No. 23. P. 528–534.
22. Wang X. R., Zhon S. L., Wu S. H. Accumulation of heavy metals in different parts of wheat plant from Yangtze River Delta, China // Int. J. Agric. Biol. 2016. No. 18. P. 1242–1248.

UDC 589.64: 632.122: 631.95

Chaikovskaya L. A., Ovsienko O. L., Baranskaya M. I., Klyuchenko V. V., Lipieva N. N.

#### **THE IMPACT OF MICROBIAL PREPARATION ON THE CONTENT OF WATER SOLUBLE FORMS OF COPPER IN THE RHIZOSPHERE OF WINTER WHEAT AND GRAIN QUALITY**

**Summary.** *Pollution of the biosphere with heavy metals (HM) is one of the strongest and most widespread chemical pollution. Therefore, the search for ways to reduce their toxic effect on the environment is in priority and importance. Therefore, the aim of research was to determine the impact of the microbial preparation Phosphoenterin on the content of water-soluble forms of copper in the rhizosphere of winter wheat, its accumulation in the grain and its quality indicators (protein and gluten content). The studies were carried out under the conditions of model field experiments. The quantitative content of water-soluble forms of copper in soil and grain samples was determined by atomic absorption analysis. Gluten and protein content in grain was determined by method of infrared spectroscopy. It was found that the use of Phosphoenterin for seed presowing inoculation allowed to reduce the concentration of water-soluble forms of Cu in the rhizosphere of inoculated plants compared to the control at differing levels of soil pollution: 3.6, 1.9 and 2.4 times and amounted to 4.8; 24.9 and 30.7 mg/kg on the background of 5, 10 and 20 MPC, respectively. The positive influence of presowing seed bacterization on the qualitative indicators of winter wheat grown in the background areas is shown. No noticeable effect of inoculation on the content of water-soluble copper compounds in winter wheat grain was revealed.*

**Keywords:** *Phosphoenterin, inoculation, water soluble forms of copper, winter wheat, rhizosphere.*

Чайковская Людмила Александровна, доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, главный научный сотрудник лаборатории растительно-микробного взаимодействия ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295000, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: ludachaika@mail.ru.

Овсиенко Ольга Леонидовна, старший научный сотрудник лаборатории растительно-микробного взаимодействия ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295000, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: olovsienn@mail.ru.

Баранская Марина Ивановна, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории растительно-микробного взаимодействия ФГБУН «Научно-

исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295000, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail baranskaya@rambler.ru.

Ключенко Валентина Васильевна, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующая заочным отделением, Агропромышленный колледж ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского»; 297517, Россия, Республика Крым, Симферопольский р-н, с. Маленькое; e-mail aic-crimea@mail.ru.

Липиева Наталья Николаевна, начальник отдела химико-аналитических исследований почв, агрохимикатов и растениеводческой продукции ФГБУ «Центр агрохимической службы «Крымский»»; 295017 Россия, Республика Крым, г. Симферополь ул. Киевская, 75/1; e-mail: agrohim\_82@mail.ru.

Chaikovskaya Ludmila Aleksandrovna, Dr. Sc. (Agr.), senior researcher, chief researcher, Laboratory of plant-microbe interaction, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150 Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, Russia, 295000; e-mail: ludachaika@mail.ru.

Ovsienko Olga Leonidovna, senior researcher, Laboratory of plant-microbe interaction, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”, 150 Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, Russia, 295000; e-mail: olovsien@mail.ru.

Baranskaya Marina Ivanovna, Cand. Sc. (Agr.), leading researcher, Laboratory of plant-microbe interaction, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150 Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, Russia, 295000; e-mail baranskaya@rambler.ru.

Klyuchenko Valentina Vasilyevna, Cand. Sc. (Agr.), Head of correspondence Department, Agroindustrial College of the Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky; 1 Studencheskaya str., vil. Malenkoye, Simferopol district, Republic of Crimea, Russia, 1297517; e-mail aic-crimea@mail.ru.

Lipieva Natalia Nikolaevna, Head of the Department of chemical and analytical research of soils, agrochemicals and crop production FSBI “Center of agrochemical service “Krymskiy”; 75/1 Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, Russia, 295017; e-mail: agrohim\_82@mail.ru.

*Дата поступления в редакцию – 15.05.2018.*

*Дата принятия к печати – 17.05.2018.*

## АГРОНОМИЯ AGRONOMY

DOI 10.25637/TVAN.2018.02.05.

УДК 633.37

Лебедев Д. В.<sup>1</sup>, Волошин М. И.<sup>1</sup>, Беспалов Е. А.<sup>1</sup>, Костенкова Е. В.<sup>2</sup>

### ОЧИСТКА И СОРТИРОВАНИЕ СЕМЯН ГУАРА (*CYAMOPSIS TETRAGONOLOBA* L.)

<sup>1</sup>АО «Агрообъединение «Кубань»;

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

**Реферат.** Цель работы – установить причину формирования гуаром зерна темного цвета, определить степень влияния темных зерен на посевные качества различных партий семян, исследовать процесс подготовки семян, отвечающих требованиям стандарта, тремя типами семяочистительных машин. В зонах недостаточного обеспечения теплом Краснодарского края и Крыма формирование и созревание гуара подвержено влиянию неблагоприятных факторов, вызывающих появление щуплых и темноокрашенных зерен, ухудшающих химический состав и посевные качества семян. С целью количественного определения содержания темных семян в урожае, у 25 растений сорта Вектор в течение 2014–2016 гг. отбирали пробы по две кисти в нижней, средней и верхней части растений. После обмолота подсчитывали количество светлых и темных зерен в каждой пробе. В сумме по 25 растениям, в нижней части стебля (первая-вторая кисти) в среднем сформировалось 1408 зерен, из них темной окраски – 23; в средней части (четвертая-пятая кисти) – 3321 и 36 зерен соответственно. В двух верхних кистях – всего 774 зерна, из которых 352 имеют темную окраску. Наибольшее количество темных зерен сосредоточено в верхней части растений, созревание которых обычно проходит в условиях снижающихся осенних температур. Установлено, что в четырех подзонах Краснодарского края (2012–2017 гг.) наибольшая доля темных семян (69,2 %) сформировалась в 2016 г., наименьшая (0,6 %) – в 2017 г. в восточной подзоне при среднесуточных температурах в период созревания (10 июля – 10 сентября) 22,3 и 27,1 °С. соответственно. Приведены показатели семенных партий зерна, полученных в 2014–2016 гг. при очистке вороха гуара на семяочистительных машинах трех типов. Предварительную очистку целесообразно вести на пневмосортировальных, основную – на ветро-решетных машинах, дополнительную – на фотосепараторах. Необходимо применять фотосепарирование для разделения семян гуара светлой окраски от некачественного зерна. Так, из 100 кг заранее очищенного зерна после однократного прохождения на машине «Оптим-2» получено 92,5 кг светлых семян с лабораторной всхожестью 94 %.

**Ключевые слова:** гуар, циамописис, гуаровая камедь, импортозамещение, фотосепарация, сорт, очистка, семена.

### Введение

Гуар или циамописис четырехкрыльниковый *Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub. – совершенно новая для России культура. В Юго-Восточной Азии и Африке зеленые бобы гуара местное население издавна использует в пищу. В страны Европы и Америки гуар попал значительно позже и вначале использовался исключительно в научных целях. Дальнейшее распространение в мире гуар приобрел только в середине прошлого века благодаря обнаружению в эндосперме зерна гуаровой камеди,



состоящей из полисахаридов – галактозы и маннозы (галактоманнанов). В настоящее время потребность различных отраслей мировой экономики в гуаровой камеди значительно возросла и составляет около полутора миллионов тонн. Камедь экспортируют страны тропического и субтропического климата, в основном, Индия – около 80 % и Пакистан – около 15 %. Несмотря на наличие собственных посевов и заводов по переработке гуара, основным покупателем произведенной в этих странах гуаровой камеди являются США (около 60 %). Россия закупает около 5 % гуара и занимает по этому показателю четвертое место [1].

В настоящее время гуаровая камедь нашла широкое применение в нефтегазовой, пищевой промышленности, а также в косметической, фармацевтической, легкой промышленности и других отраслях экономики.

Гуаровая кормовая мука на корм скоту и птице в Индии выпускается в двух вариантах: «Chugi»: внешний вид – порошок, содержание протеина – 40–42 %, жира – 4–6 %, влаги – до 10 %, клетчатки – 8–10 % и «Korma»: внешний вид – гранулы, содержание протеина – 48–50 %, жира – не менее 6 %, влаги – не более 8 %, клетчатки – 8–10 % [2].

Как и другие бобовые культуры, гуар вступает в симбиоз с азотфиксирующими бактериями; за вегетационный период накапливает в почве около 60 кг азота на гектаре. По нашим данным, в Краснодарском крае пожнивные остатки содержат 6–9 % белка, 17–20 % клетчатки и считаются хорошим структурообразующим компонентом для почвы.

Более 10 лет назад гуаровая камедь была разрешена для ввоза в Россию и используется в качестве стабилизатора, эмульгатора и загустителя в пищевой промышленности (пищевая добавка E 412). Однако основными потребителями в нашей стране, так и за рубежом, являются нефтяные и газодобывающие компании, использующие камедь для бурения новых и увеличения отдачи углеводородов эксплуатируемых скважин. Камедь, благодаря способности в малых количествах образовывать гели с холодной водой, надежно суспензирует бентонитовую глину в буровом растворе и ограничивает потери воды [3].

Зарубежная история интродукции гуара в развитых и развивающихся странах насчитывает десятки и даже сотни лет. Впервые в Европе, а именно во Франции, изучение биологических особенностей гуара началось в 1790 г., где и опубликованы первые научные работы по результатам исследований [4]. В нашу страну гуар попал значительно позже. Во время экспедиции Марковича В. В. в Индию (1927–1929 гг.) собрано несколько коллекционных образцов. В середине 70-х годов часть образцов изучена в ВИР аспирантом Нгуен Лок из Вьетнама. В результате краткосрочного изучения в полевых условиях Абхазии, гуар отнесен к числу неперспективных для нашей страны [5]. Стимулом для возобновления изучения культуры послужило увеличение объемов использования гуаровой камеди в нефтегазовой и пищевой промышленности за рубежом и переход отечественной экономики на рыночные отношения.

Гуаровая камедь – это природный полисахарид, представляющий собой порошок белого или светло-желтого цвета, с легким запахом. Зерно светлого цвета вида *C. tetragonoloba* содержит около 30 % камеди. Для отраслей народного хозяйства требуется камедь различного качества, зависящего от биологических особенностей сортов, места выращивания, степени предварительной подготовки зерна, применяемых технологий переработки [6].

Опыт интродукции культуры на Кавказе и в Крыму при различных почвенных и климатических условиях показывает высокую зависимость урожайности и качества зерна от температуры почвы и воздуха при посеве и созревании,

влагообеспеченности, уровня плодородия, наличия или отсутствия болезней. При этом для гуара одинаково вредна как острая засуха, так и высокая влажность почвы и воздуха [7, 8]. Уровень урожайности зерна гуара несколько уступает лучшим сортам гороха и сои и составляет 20–25 ц/га.

Гуар требователен к предшественникам и отзывчив на внесение органических и минеральных удобрений. В Индии отмечается благоприятное воздействие азота на величину урожая зерна гуара при повышении вносимых доз с 20 до 60 кг/га [9]. Одновременно излишки азота увеличивают степень поражения растений бактериальной гнилью, вызываемой *Xanthomonas campestris* var. *cyatopsidis* и альтернативой (*Alternaria cucumerina* var. *cyatopsidis*) [10]. Кроме повышенных доз азота, развитию бактериоза способствует также прохладная погода, особенно при раннем сроке посева [11]. Пораженные в фазе восковой спелости зерна имеют темную окраску. Кроме грибных и бактериальных болезней на Нижнем Дону отмечено неблагоприятное воздействие на семена гуара вирусов *Bean yellow mosaic virus* и *Pea mosaic virus*. Авторы исследования считают необходимым удалять пораженные зерна путем сортирования и калибровки семян [12].

Так как гуар – новая для России культура, исследования которой начаты совсем недавно, важно с самого начала избегать грубых ошибок при ее возделывании. К их числу может быть отнесен посев некачественными семенами случайно выбранных сортов. Ввиду отсутствия в специальной литературе материалов по очистке зерна гуара появилась необходимость публикации представляемых результатов исследований. Статья рассчитана на аграриев Северного Кавказа, Крыма, Нижнего Поволжья, уже приступивших к выращиванию новой бобовой культуры.

**Цель работы** – установить причину формирования гуаром зерна темного цвета, определить степень влияния темных зерен на посевные качества различных партий семян, исследовать процесс подготовки семян, отвечающих требованиям стандарта тремя типами семяочистительных машин.

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

Посев гуара проводили в четырех почвенно-климатических подзонах Краснодарского края: Южной, Центральной, Восточной и Северной.

Для изучения поставленной задачи использовали собственные селекционные линии гуара Т 121 (сорт Вектор), Р 10 (сорт Синус). Предшественник – озимая пшеница. Сроки посева – вторая-третья декада мая, при повышении температуры почвы до 20 °С. Посев широкорядный, с междурядьями 0,45 м. Норма высева – 10–15 кг/га. Фенологические наблюдения проводили согласно методикам работы с бобовыми культурами [13]. Учет температуры и других метеорологических показателей вели в период от посева до уборки урожая.

Урожай зерна гуара убирали прямым комбайнированием машинами «Дон 1500» и «Wintersteiger Delta», после предварительной обработки посевов препаратом «Реглон Супер» с нормой расхода 3 л/га при влажности зерна 12–14 %.

Основную очистку зерна проводили на машинах «Петкус-Гигант» К 531 с типовым набором решет и «Алмаз» МС-4/2, дополнительную сортировку по цвету – на оптическом сепараторе «Оптима 2».

Объект лабораторных исследований – пробы партий зерна, выращенные на участках сортоиспытания и размножения.

В связи с длительным отсутствием отечественных стандартов на зерно гуара, отбор проб и анализы семян проводили согласно международным правилам [14]. Взвешивали пробы на весах «Polaris PKS 0323 DL».

Статистическую обработку полученных результатов проводили по методикам Б. А. Доспехова [15].

### Результаты и их обсуждение

Необходимость очистки семян связана с требованиями стандартов зерна, как сырья для переработки с целью извлечения камеди, так и семян для посева. Результаты анализа партий зерна гуара Краснодарского края показали значительную разнокачественность (размеры, форма, цвет) зерна, что, в первую очередь, определено ответной реакцией теплолюбивой культуры на новые условия произрастания.

На посевах гуара чаще других встречались сорняки: канатник Теофраста *Abutilon theophrasti* Med., овсюг полевой *Avena pratensis* L., амброзия полыннолистная *Ambrosia artemisiifolia* L., гумай *Sorghum halepense* L., куриное просо *Echinochloa crus-galli* L., вьюнок полевой *Convolvulus arvensis* L., бодяк полевой *Cirsium arvense* L., горец вьюнковый *Polygonum convolvulus* L. Среди посторонних примесей в ворохе отмечены комочки почвы, камешки, части стеблей. В качестве примеси вороха гуара чаще всего выступали семена культурных растений – пшеницы, ячменя, подсолнечника, сорго как следствие недостаточно тщательной очистки комбайна от предшествующих культур.

В отличие от самой близкой по фенотипу культуры – сои, растения гуара после обработки десикантами высыхают очень медленно. При обмолоте сухого зерна в ворох может попасть небольшое количество влажных незрелых бобов гуара, частей стеблей культуры и сорняков, что может вызвать самосогревание. В процессе предварительной очистки такая примесь отделяется в первую очередь. Механическая очистка гуара от семян других культур и сорняков основана на различии физических свойств основной культуры и примесей (размеры, форма, аэродинамические свойства, плотность, состояние поверхности). Качественным показателем очистки считается максимальное удаление примесей при минимальном выносе основной культуры в отходы.

В последнее время в системе послеуборочной подготовки вороха зерновых и технических культур все чаще используют пневматические сортировальные машины, в основе работы которых лежит разделение вороха по принципу различия аэродинамических свойств семян основной культуры, примесей и семян сорняков. Разделение семян и сопутствующих примесей зернового вороха производится с помощью воздушного потока. Представители безрешетных аэродинамических сепарирующих устройств – машины ПСМ, ПСПБ Кузембетьевского РМЗ, сепаратор САД «Аэромех», «Алмаз» ЧП ПФ «Агротех» и другие.

Опытные партии гуара очищали на стационарной машине МС-4/2, в результате получены следующие показатели (таблица 1).

**Таблица 1 – Результаты предварительной очистки зернового вороха гуара сорта Вектор машиной МС 4/2 (2014–2016 гг.)**

Показатель	Доля фракций				
	I	II	III	IV	V
Зерно гуара, % от зерна вороха	3,6	42,7	29,6	6,2	5,9
Щуплые зерна, % от зерна вороха	-	-	1,7	3,9	6,4
Цельные бобы, %	-	-	-	-	0,3
Минеральные примеси, %	1,5	-	-	-	0,6
Семена сорняков, %	-	0,1	0,2	0,4	2,7
Масса 1000 зерен, г*	-	39,5	37,4	29,3	17,8
Натура зерна, г/л**	-	862	857	715	512

*Примечание.* \*НСП<sub>05</sub> – 3,8 г; \*\*НСП<sub>05</sub> – 71 г.

В широкорядном посеве первая цветочная кисть у растений гуара расположена на высоте 5–8 см от поверхности почвы, вторая – на 5–6 см выше.

По этой причине уборка комбайном ведется на минимальном срезе, что является причиной попадания в зерновой ворох плотных комочков почвы и камешков. В «Алмазе» они составляют первую фракцию и удаляются полностью. Во вторую фракцию попадают самые полновесные зерна гуара. Зерна третьей фракции по физическим характеристикам близки ко второй фракции и при объединении составляют с ней семенную партию с примесью темноокрашенных зерен. Небольшая по объему четвертая фракция содержит темных зерен в два-три раза больше, по сравнению с первой и второй. Фракция после очистки на фотосепараторе может быть использована для промышленной переработки с целью извлечения камеди или подвергается вторичной очистке. Пятую фракцию составляют зерна пшеницы и ячменя, легковесные зерна гуара, а также семена ранее упомянутых сорняков. В зависимости от видового состава, пятую фракцию можно использовать для приготовления корма, но с обязательной термической обработкой и соответствующим контролем со стороны ответственных служб. Аспирационный воздушный поток направляет пыль и легкие частицы в осадочную камеру циклона.

Как известно, зерно гуара имеет сходство с семенами чечевицы пищевой *Lens culinaris* Medic., но имеет более сложную форму. Такая конфигурация семян гуара обуславливает при очистке использование ветро-решетных семяочистительных машин. В семеноводстве гуара чаще применяют широко распространенную машину «Петкус-Гигант» К 531, у которой большая производительность сочетается с высоким выходом чистых семян.

При выборе технологических параметров машины использовали размерные характеристики семян сорта Вектор, определенные в процессе исследований по модернизации сеялки для посева гуара [16]. В результате измерений авторами были установлены следующие параметры семян (мм): длина –  $4,61 \pm 0,07$ ; ширина –  $4,12 \pm 0,04$ ; толщина –  $2,74 \pm 0,04$ . Масса 1000 семян (г) –  $39,33 \pm 0,34$ . При подготовке машин К 531 к рабочему процессу руководствовались инструкциями завода-изготовителя. На первоначальном этапе работы семяочистительных машин такого типа перед поступлением вороха на решетную часть воздушный поток отделяет легкие примеси. На верхнем решете с круглыми отверстиями диаметром 5–6 мм обычно отделяются не вымоченные бобы гуара, соплодия бодяка, семена крупноплодного подсолнечника, части стеблей. Частично очищенный ворох просыпается на нижние решета с прямоугольными отверстиями (2–3 мм), которые несут основную нагрузку при очистке. Сквозь прямоугольные отверстия решет проходит щуплое зерно гуара, пшеницы, мелкого подсолнечника, семена сорняков: вьюнка, канатника, гумая, щирицы, проса, горца, амброзии. Сход очищенных на решетах семян гуара поступает в вертикальный пневматический канал, где отделяются семена подсолнечника, плодоножки бобов и легковесные семена гуара. При необходимости семена направляются в триерные блоки для доочистки. Показатели качества очистки представлены в таблице 2.

Детальное рассмотрение состава выхода семенного материала и примеси в семенных партиях, представленные в таблицах 1 и 2, свидетельствует о сходстве главных показателей при очистке вороха, с несколько лучшим отделением семян сорняков машиной К 531, главным образом за счет выделения семян, имеющих меньшие размеры, но близкий удельный вес в сравнении с зернами гуара. Преимущество пневматических сортировальных машин лучше проявляется на предварительной очистке вороха за счет более высокой производительности и экономичности.

Окончательная подготовка семян гуара имеет существенные отличия. В силу биологических особенностей культуры и высоких требований к качеству гуаровой

камеди и посевного материала, очистка на пневматических и решетных машинах семян гуара не может считаться завершённой из-за наличия темных семян, имеющих одинаковые физические показатели с нормальным (светлым) зерном, но пониженную всхожесть.

**Таблица 2 – Показатели очистки семян гуара сорта Вектор машиной «Петкус-Гигант» К 531 (2014–2016 гг.)**

Показатель	Доля фракций				
	A	F	D	B	C
Зерно гуара, % от зерна в ворохе	-	70,4	8,1	2,7	3,2
Щуплые зерна, % от зерна в ворохе	-	-	8,7	7,3	0,7
Цельные бобы, %	0,3	-	-	-	-
Минеральная примесь, %	0,6	-	-	-	0,5
Семена сорняков, %	-	0,1	2,0	1,4	-
Масса 1000 зерен, г*	-	39,0	26,1	17,3	-
Натура зерна, г/л**	-	855	475	503	-

*Примечание.* \*НСП<sub>05</sub> – 3,5 г; \*\*НСП<sub>05</sub> – 57 г.

Реакция гуара на неблагоприятное воздействие прохладной погоды и связанное с ним возрастающее развитие болезней проявляется в окраске семенной оболочки зерна, служащей косвенным показателем качества зерна (таблица 3).

**Таблица 3 – Влияние температуры воздуха в период созревания растений на некоторые показатели зерна и семян гуара сорта Синус в Краснодарском крае (2012-2017 гг.)**

Подзона края	Год учета	Средняя температура воздуха в период созревания (10.07–10.09), °С	Доля зерен в ворохе, %		Масса 1000 семян, г		Всхожесть семян, %	
			свет- лых	тем- ных	до очистки	после очистки	лабора- торная	поле- вая
Южная	2012	23,5	81,6	18,4	28,9	35,3	71	54
Центральная	2014	21,9	65,2	34,8	30,1	34,7	73	53
	2016	24,7	98,0	2,0	36,4	38,5	97	85
	2017	26,4	93,9	6,1	37,0	37,4	92	79
Восточная	2015	25,7	94,3	5,7	37,2	39,4	94	85
	2016	22,3	30,8	69,2	25,7	32,1	68	46
	2017	27,1	99,4	0,6	37,2	38,0	97	82
Северная	2013	23,0	78,6	21,4	27,5	31,9	73	48
	2015	25,3	96,2	3,8	38,5	40,3	94	76
НСП <sub>05</sub>	-	-	-	-	4,7	3,2	-	-

Как следует из таблицы 3, понижение температуры воздуха в период созревания увеличивает долю нежелательных зерен с темной окраской, снижает их массу. За все годы наблюдений самые неблагоприятные условия для созревания зерна сложились в восточной подзоне края в 2016 г., когда температура в сентябре опускалась до 12 °С. Напротив, при вегетации и созревании при повышенной температуре (24,7–27,1 °С) в основном формируются светлые семена.

Как известно, созревание бобов нижних кистей проходит одновременно с цветением верхних кистей [4]. Продолжительность цветения зависит от влагообеспеченности растений, среднесуточных температур и в условиях центральной зоны Краснодарского края и Крыма обычно прекращается в засушливое лето к концу августа [17]. При понижении среднесуточной температуры до 15 °С цветение и созревание растений завершается. Сформированные, но не созревшие



семена, при высыхании обычно темнеют. При благоприятных условиях гуар цветет и формирует семена до конца сентября.

С целью количественного определения содержания темных семян в урожае, у 25 растений сорта Вектор в течение трех лет (2014–2016 гг.) ежегодно отбирали пробы по две кисти в нижней, средней и верхней части растений. После обмолота подсчитывали количество светлых и темных зерен в каждой пробе. В сумме по 25 растениям, в нижней части стебля (первая-вторая кисти) в среднем сформировалось 1408 зерен, в том числе темной окраски – 23; в средней части (четвертая-пятая кисти) – 3321 и 36 зерен соответственно. В двух верхних кистях – 774 зерна, из которых 352 имели темную окраску.

Таким образом, наибольшее количество темных зерен сосредоточено в верхней части растений, созревание которых обычно проходит в условиях снижающихся осенних температур. Наличие темных зерен является нежелательным фактором, поскольку ухудшает качество выращенного урожая гуара и требует дополнительных затрат по переработке. Наиболее сильно это сказывается на полевой всхожести семян (см. таблицу 3) и на химическом составе. Так, массовая доля сырого протеина в смеси светлых и темных зерен в 2015 г. составила 25,98 %, а после удаления зерен темной окраски – 29,25 %.

Отделение нежелательных для посева семян темного цвета можно проводить на фотоэлектрических сепараторах различных типов. Семенной материал, направляемый на оптический сепаратор, необходимо заранее очистить на вышеописанных или сходных с ними машинах. Он не должен содержать пыли. В своих исследованиях мы использовали машину «Оптима 2». В результате очистки 100 кг гуара сорта Вектор получено четыре фракции. Первая фракция включала 66,7 кг, вторая – 25,8 кг. Обе фракции состояли только из семян светлой окраски. Третья фракция включала 7,2 кг от переработанного материала (светлых семян – 91 %, темных – 9 %). Доля четвертой фракции составила 0,3 кг, с содержанием темных семян 65 %. Лабораторная всхожесть семян первой и второй фракции была одинаковой – 94 %. Таким образом, оптическая сепарация позволяет получить качественные семена, отвечающие требованиям стандарта.

#### Выводы

В зонах недостаточного обеспечения теплом Краснодарского края формирование и созревание гуара подвержено влиянию неблагоприятных факторов, вызывающих появление щуплых и темноокрашенных зерен с худшими показателями качества зерна и семян. Содержание сырого протеина в смеси светлых и темных семян составляло 25,98 % против 29,25 % у светлых. Разница во всхожести достигала 29 %. Очистка зерна гуара – обязательный прием технологии производства семян, отвечающих требованиям стандарта.

Существующая семяочистительная техника, предназначенная для зерновых и технических культур, приемлема для подготовки семян гуара при условии правильного подбора сменных рабочих органов, пригодных для разделения семян основной культуры и примесей. Предварительную очистку целесообразно вести на пневмосортировальных машинах типа «Алмаз» МС-4/2, основную – на ветро-решетных машинах «Петкус-Гигант» К 531. или сходных по конструкции других марках техники. Дополнительная очистка на фотосепараторах типа «Оптима 2» обеспечивает высокий выход семян с всхожестью свыше 90 %.

#### Литература

1. Старцев В. И., Ливанская Г. А., Куликов М. А. Перспективы возделывания гуара (*Cyatopsis tetragonoloba* L.) в России // Вестник РГАЗУ. 2017. № 24 (29). С. 11–15.

2. Костенкова Е. В., Рейнштейн Л. Н., Остапчук П. С. Применение *Cyamopsis tetragonoloba* L. в кормлении сельскохозяйственных животных, птицы и рыб: проблемы и перспективы // Таврический вестник аграрной науки. 2015. № 2 (4). С. 108–117.
3. Промышленная химия и химическое сырье. Гуаровая камедь. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://hyorts.ru/category/products/pishhevaya-promyshlen-nost/guarovaya-kamed> (дата обращения 12.02.2018).
4. Whistler R. L., Hymowitz T. Guar: agronomy, production, industrial use, and nutrition // USA. Indiana. 1979. 124 p.
5. Нгуен Лок. Первичное изучение исходного материала бобовых культур для интродукции и селекции. Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Л.: ВИР, 1966. 23 с.
6. Jain V., Das B. Gum, protein, oil and mineral elements in cluster // Agric. Sci. Digest. No. 4 (3). Haryana. 1984. P. 163–166.
7. Волошин М. И., Лебедь Д. В., Брусенцов А. С. Результаты интродукции нового бобового растения – гуара (*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.) // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 1 (58). С. 84–91.
8. Думанян К. Г., Меликян Е. А., Карагезян А. С. Влияние частоты полива на рост и развитие циамопсиса *Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taubert // Биологический журнал Армении. 2005. № 3-4 (57). С. 282–284.
9. Singh S. J. P., Rajput G. B. S., Singh K. P. Effect of various levels of nitrogen, phosphorus and sycocel on yield and yield contributing attributes of cluster bean green pod under rainfed conditions [*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.] cv. Pusa Naubahar // GAU Res. J. No. 13 (1). Varanasi. 1987. P. 1–6.
10. Gandhi S. K., Chand J. N. Effect of nitrogen and phosphorus on the bacterial blight of clusterbean // Indian Journal of Agricultural Sciences. No. 55. Haryana. 1985. P. 376–377.
11. Булынецов С. В., Вальяникова Т. И., Силаева О. И., Копоть Е. И., Пимонов К. И. Гуар – новая бобовая культура для России // Материалы всероссийской научно-практической конференции «Инновации в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур». пос. Персиановский, Донской ГАУ (09 февраля 2017 г.). С. 167–172.
12. Пимонов К. И., Евтушенко Е. В., Копоть Е. И., Токарева С. П. Болезни и урожайность зерна гуара при возделывании в почвенно-климатических условиях Нижнего Дона // Материалы всероссийской научно-практической конференции «Инновации в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур». пос. Персиановский, Донской ГАУ (09 февраля 2017 г.). С. 117–121.
13. Коллекция мировых генетических ресурсов зерновых бобовых культур ВИР: пополнение, сохранение и изучение: методические указания. Под ред. Вишняковой М. А. Санкт-Петербург, 2010. 141 с.
14. Международные правила анализа семян. Под ред. Мак-Кея Д. Б. М.: Колос, 1984. 310 с.
15. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта М: Агропромиздат, 1985. 207 с.
16. Хейшхо Р. Х., Меркулов А. А. Модернизация высевашего аппарата пневматической сеялки для посева гуара // Сборник статей 71-й научно-практической конференции КубГАУ по итогам НИР за 2015 год. Краснодар, 2016. С. 246–248.
17. Лебедь Д. В., Костенкова Е. В., Волошин М. И. Агрономическое обоснование размещения посевов *Cyamopsis tetragonoloba* (L.) на юге Европейской части России // Таврический вестник аграрной науки. 2017. Вып. 1 (9). С. 53–64.

## References

1. Startsev V. I., Livanskaya A. G., Kulikov M. A. Prospects of cultivating guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) in Russia // Herald of Russian state agrarian correspondence university. Scientific journal. 2017. No. 24 (29). P. 11–15.
2. Kostenkova E. V., Reinstein L. N., Ostapchuk P. S. Problems and perspectives of application of *Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub. in feeding agricultural animals, birds and fish // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2015. No. 2 (4). P. 108–117.
3. Industrial chemistry and chemical raw materials. Guar gum. [Electronic resource]. Access point: <http://hyorts.ru/category/products/pishhevaya-promyshlen-nost/guarovaya-kamed/> (reference's date 12.02.2018).
4. Whistler R. L., Hymowitz T. Guar: agronomy, production, industrial use, and nutrition // USA. Indiana. 1979. 124 p.
5. Nguyen Locke. Initial study of the raw material of legumes for introduction and selection. Abstract thesis ... candidate of agricultural sciences. Leningrad: VIR, 1966. 23 p.
6. Jain V., Das B. Gum, protein, oil and mineral elements in cluster // Agric. Sci. Digest. No. 4 (3). Haryana. 1984. P. 163–166.
7. Voloshin M. I., Lebed D. V., Brusentsov A. S. The results of new bean plant, guar, introduction (*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.) // Proceedings of the Kuban state agrarian University. Krasnodar, 2016. No. 1 (58). P. 84–91.

8. Dumanian K. H., Melikyan E. A., Karagezyan A. S. The influence of the frequency of watering on the growth and development of *Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taubert // Biological Journal of Armenia. 2005. Vol. 3-4 (57). P. 282–284.
9. Singh S. J. P., Rajput G. B. S., Singh K. P. Effect of various levels of nitrogen, phosphorus and cycocel on yield and yield contributing attributes of cluster bean green pod under rainfed conditions [*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub. cv. Pusa Naubahar // GAU Res. J. No. 13 (1). Varanasi. 1987. P. 1–6.
10. Gandhi S. K., Chand J. N. Effect of nitrogen and phosphorus on the bacterial blight of clusterbean // Indian Journal of Agricultural Sciences. No. 55. Haryana. 1985. P. 376–377.
11. Bulyntsev S. V., Valentova T. I., Silaeva O. I., Kopot' E. I., Pimonov K. I. Guar – a new legume for Russia // Materials of All-Russian scientific and practice conference “Innovations in the technologies of cultivation of agricultural crops”. Don State Agrarian University (February 9, 2017). P. 167–172.
12. Pimonov K. I., Evtushenko E. V., Soot E. I., Tokarev S. P. Disease and grain yield of guar in the cultivation in soil-climatic conditions of the Lower Don // Proceedings of the “Donskoy state agrarian University”. 2017. P. 117–121.
13. Collection of world genetic resources of grain legumes VIR: replenishment, preservation and study: methodical instructions. Ed. by Vishnjakova M. A. Saint-Petersburg, 2010. 141 p.
14. International rules for seed analysis. Ed. by Mc. Cay D. B. Moscow: Kolos, 1984. 310 p.
15. Dospekhov B. A. Methods of field research. Moscow: Agropromizdat, 1985. 207 p.
16. Kheyshkho R. Kh., Merkulov A. A. Modernization of the sowing unit of pneumatic seed sowing machine for sowing guar // Collection of scientific works of 71<sup>st</sup> scientific and practical conference of Kuban State Agrarian University dedicated to the results of research works in 2015. Krasnodar, 2016. P. 246–248.
17. Lebed D. V., Kostenkova E. V., Voloshin M. I. Agronomic rationale for the placement of *Cyamopsis tetragonoloba* (L.) in the south of the european part of Russia // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2017. Vol. 1 (9). P. 53–64.

UDC 633.37

Lebed D. V., Voloshin M. I., Besimalov E. A., Kostenkova E. V.

#### **GUAR (*CYAMOPSIS TETRAGONOLOBA* L.) SEEDS PURIFICATION AND SORTING**

**Summary.** *The aim of the work is to establish the cause of forming dark-colored grains by the guar plant, to determine the degree of influence of dark grains on the sowing qualities of various batches of seeds, to study the process of preparing seeds that meet the requirements of the standard by three types of seed-cleaning machines. In the areas of insufficient heat such as Krasnodar Region and Crimea, the formation and maturation of the guar is affected by unfavorable factors that cause appearance of frail and dark colored grains that impair the chemical composition and seed quality of the seeds. Thus, in order to determine the quantity of dark seeds in a crop yield, samples were taken annually from 25 plants of guar (Vektor variety) in the low, middle and upper part of plants during three years of research (2014–2016). After threshing, the number of white or gray and black grains in each sample was counted. As a result, it was found that in the low part of the stem (1st and 2nd pods), on average, 1408 grains were formed, including 23 dark colored; in the middle part (4th and 5th pods) – 3321 and 36 grains, respectively. In the two upper pods there were only 774 grains, 352 of which were dark colored. Thus, it was concluded that the greatest amount of dark grains was concentrated in the upper part of the plant, the maturation of which is usually under conditions of decreasing autumn temperatures. It was found that in the four subzones of the Krasnodar Territory in 2012–2017, the largest share of dark seeds (69.2 %) was formed in 2016, the smallest (0.6 %) in 2017 in the eastern subzone at an average daily temperature of 22.3 and 27.1 °C, respectively, during the maturation stage (July 10 – September 10). The indicators of seeds obtained during purification of guar heap on seed-cleaning machines of three types were given. It is obvious that preliminary purification is reasonable to do on pneumatic sorting machines, based on wind-screening ones. Additional purification should be done using photoseparators. The photoseparation is obligatory for separating light-colored guar seeds from low-quality ones.*

*Thus, from 100 kg of pre-cleaned grain after a single pass on the machine “Optima-2” 92.5 kg of light seeds with a laboratory germination of 94 % was obtained.*

**Keywords:** *guar, cyamopsis, guar gum, import substitution, photoseparation, variety, purification, seeds.*

Лебедь Дмитрий Васильевич, директор по растениеводству АО «Агрообъединение “Кубань”»; 353178, Россия, Краснодарский край, Кореновский район, ст. Платнировская, ул. Красная, 71а; e-mail: pobeda11@rambler.ru.

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

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

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

Lebed Dmitry Vasilyevich, director of crop production JSC “Agronomic Association “Kuban””; 71A Krasnaya St., village of Platnirovskaya, Korenovskiy district, Krasnodar region, 353178, Russia; e-mail: pobeda11@rambler.ru.

Voloshin Mikhail Ivanovich, Dr. Sc. (Agr), senior research scientist, honoured science worker of Kuban, consultant of Joint Stock Co. “Agroobyedineniye “Kuban””; 27 Pozharskiy str., Krasnodar; e-mail: mihail.voloshin@rambler.ru.

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

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

*Дата поступления в редакцию – 01.05.2018.*

*Дата принятия к печати – 17.05.2018.*

DOI 10.25637/TVAN.2018.02.06.

УДК 631.461:631.47

Менькина Е. А., Куприченков М. Т.

## СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ В АГРО- И БИОГЕННЫХ ПОЧВАХ СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ

ФГБНУ «Северо-Кавказский Федеральный научный аграрный центр»

**Реферат.** Цель исследований – изучить почвенные процессы в многолетнем цикле по сезонам вегетационного периода био- и агрочерноземов. Исследования проводили в период с 2010 по 2012 год на экспериментальном поле Ставропольского НИИСХ, расположенного в зоне неустойчивого увлажнения Центрального Предкавказья. Ежемесячные наблюдения с апреля по сентябрь показали, что запасы продуктивной влаги в слое 0–100 см снизились на целине с 195 до 43 мм, а на пашне – с 237 до 106 мм. Содержание гумуса значительно снижается с апреля до августа: на целине на 0,52 абсолютных %, а на пашне – на 0,68 %. Запасы нитратов на целине и пашне были минимальными в июне – 8,0 и 15,9 кг/га в 0–100 см, составляя в апреле 8,4 и 92,5 кг/га, в августе – 10,6 и 67,9 кг/га. Содержание  $P_2O_5$  на целине и на пашне (пар) оставалось стабильным – около 13 и 25–27 мг/кг соответственно. Содержание  $K_2O$  на целине было минимальным в июне, а на пашне закономерно возрастало к июлю от 217 до 289 мг/кг, снизившись в августе до 253 мг/кг. По активности ферментов целина превосходит пашню, за исключением уреазы, которая в пахотных почвах почти всегда выше. По сравнению со слоем 0–20 см уреазы более активна в слое 20–40 см. Активность остальных ферментов в подпахотном слое, как правило, ниже, чем в верхнем. Численность эколого-трофических групп микроорганизмов выше весной, летом происходит ее снижение, а к осени количество аммонификаторов и аминоавтотрофов возрастает. Максимальная активность почвенных дрожжей проявляется в июньский срок отбора на целинных почвах и весной на пашне (68,7 и 98,0 тыс. КОЕ/г АСП соответственно). Наибольшее количество микроорганизмов, выросших на голодном агаре, отмечено в майский период (129,3–170,0 тыс. КОЕ/г АСП). Таким образом, в свойствах чернозема целинного и пахотного отмечается значительная сезонная изменчивость, что необходимо учитывать при характеристике почв.

**Ключевые слова:** почва, ферментативная активность, микробиологическая активность, гумус, влажность почвы.

### Введение

Особая роль в формировании почвенного плодородия принадлежит биологическому фактору и, прежде всего, зеленым растениям, почвенным животным и микроорганизмам. Под их воздействием осуществляются важнейшие процессы превращения горной породы в почву и формирование ее потенциального плодородия. Сюда относятся аккумуляция элементов зольного и азотного питания растений, синтез и разрушение органического вещества, взаимодействие продуктов жизнедеятельности растений и микроорганизмов с минеральными соединениями пород и почв и др. [1, 2].

Вся совокупность перечисленных выше биологических процессов, протекающих в почве, называется ее биологической активностью. Биологическая активность почв включает в себя, прежде всего, микробиологические показатели – численность микроорганизмов, физиологических групп и их видовой состав и др., которые во времени и пространстве отличаются большой динамичностью,



обусловленной не только сезонными, но и кратковременными колебаниями гидротермических, питательных и других факторов [3].

Наряду с этим в понятие биологической активности почвы входит и ее ферментативная активность. Ферменты представляют собой органические вещества белковой природы, содержащиеся в животных и растительных организмах [4, 5]. В почве ферменты стабилизируются и длительное время сохраняют свою активность, являясь биологическими катализаторами. Участвуя в важных биохимических процессах – синтезе и распаде гумуса, гидролизе органических соединений, остатков высших растений, почвенных животных и микроорганизмов, переводе их в доступное для питания растений и микроорганизмов состояние, а также в окислительно-восстановительных процессах, почвенные ферменты в сотни и тысячи раз ускоряют протекающие в почве биохимические реакции.

**Цель исследований** – изучить почвенные процессы в многолетнем цикле по сезонам вегетационного периода био- и агрочерноземов.

Задачи исследований:

- определить сезонную динамику влажности био- и агрочерноземов;
- выявить особенности динамики их агрохимических свойств (нитратный азот, подвижный фосфор, обменный калий);
- установить изменение микробиологической и ферментативной активности чернозема по сезонам года в многолетнем цикле.

Впервые в условиях Ставропольского края получены данные по сезонной динамике почвенных свойств для прогноза изменения плодородия почв, выявления негативных процессов, их предупреждения и устранения.

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

Исследования проводили в период с 2010 по 2012 год на экспериментальном поле Ставропольского НИИСХ, расположенного в зоне неустойчивого увлажнения Центрального Предкавказья, и на рядом расположенном целинном участке (территория дендропарка с 45-летней залежью) в течение вегетационного периода. Годовое количество осадков в годы исследований варьировало от 550 до 570 мм, за вегетационный период их выпадало 350–400 мм, ГТК – 0,9–1,1. Сумма эффективных температур составила 3000–3200 °С, продолжительность безморозного периода – 180 дней. Лето довольно жаркое, со среднемесячной температурой июля 22–24 °С, максимальная температура может достигать 40 °С.

Почвы – черноземы обыкновенные малогумусные среднемощные тяжелосуглинистые на лёссовидных суглинках. Содержание гумуса в слое 0–20 см составляло от 4,22 на пашне до 5,72 % на целине, рН водной суспензии находилась в пределах 6,44–6,93, содержание подвижного фосфора – 17,0–27,0 мг/кг, обменного калия – 208–247 мг/кг.

В целях избежания влияния сельскохозяйственных культур в качестве пашни для наблюдений использовали паровой участок.

В работе применяли полевой (стационарный), лабораторный и математико-статистический методы исследований.

Стационарный метод предусматривал отбор почвенных образцов на целине и пашне в трехкратной повторности из слоев 0–20 и 20–40 см для определения ферментативной и микробиологической активности почв. Влажность почв и нитратный азот определяли до глубины не менее 100 см. Подвижный фосфор и подвижный калий – в слое 0–10 см.

Лабораторный метод включал определение в отобранных образцах следующих показателей: полная полевая влагемкость, общий и подвижный гумус по методам И. В. Тюрина [5, 6].

Содержание нитратного азота определяли колориметрическим методом дисульфифеноловой кислотой; содержание подвижного фосфора – по Мачигину в 1 %-й углеаммонийной вытяжке; содержание обменного калия – по Мачигину в 1 %-й углеаммонийной вытяжке [5]. Ферментативная активность: каталазы – по методу Джонсона и Темпле [7]; уреазы – по методу Т. А. Щербаковой; инвертазы – по методу И. Н. Ромейко и С. М. Малиновской; фосфатазы – по методу А. Ш. Галстяна и Э.А. Арутюняна [8, 9]. Микроорганизмы, использующие органические формы азота, выявляли методом подсчета колоний на плотной питательной среде на мясопептонном агаре (МПА); микроорганизмы (в том числе актиномицеты), способные использовать минеральные формы азота, изучали на крахмало-аммиачном агаре (КАА); микроорганизмы, участвующие в минерализации гумусовых веществ, определяли на «голодном» агаре (ГА); почвенные дрожжи выявляли на среде Сабуро по общепринятым методикам [10].

Определение коэффициента минерализации органических веществ в почве по соотношению численности микроорганизмов, выросших на КАА, к микроорганизмам, выросших на МПА (КАА/МПА), проводили по методике [11].

Коэффициент микробиологической трансформации органического вещества (КМТОВ) рассчитывали по соотношению количества микроорганизмов, выросших на питательных средах, по формуле:  $(\text{МПА} + \text{КАА}) \times (\text{МПА} / \text{КАА})$  [12].

Коэффициент олиготрофности определяли по соотношению численности микроорганизмов, выросших на голодном агаре к численности микроорганизмов, выросших на мясопептонном агаре (ГА:МПА). Статистическую обработку проводили по методикам [13].

### Результаты и их обсуждение

Почвенная влага – жизненная основа растений, почвенной микрофлоры и фауны. Не случайно ее сравнивают с кровеносной системой организма. Растения расходуют воду в огромных количествах – ведь для создания 1 г сухого вещества потребляется от 200 до 1000 г воды. Химические реакции в почве также протекают при наличии достаточного количества воды, а само формирование ее генетических горизонтов при отсутствии воды вообще невысказимо (вымывание, вмывание, выщелачивание, подтягивание солей к поверхности).

Наличие в почве воды чаще всего обусловлено атмосферными осадками. Из данных таблицы 1 следует, что в ранневесенний период запасы продуктивной влаги были высокими и близкими по значениям как на целине, так и на пашне (195 и 237 мм).

**Таблица 1 – Запасы продуктивной влаги, мм (Ставропольский НИИСХ, 2010–2012 гг.)**

Слой, см	Срок наблюдений					
	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь
Целина						
0–20	45	38	25	19	13	10
0–50	96	89	72	40	20	21
0–100	195	171	151	93	46	43
Пашня						
0–20	40	26	39	17	17	20
0–50	116	82	75	58	54	54
0–100	237	175	141	128	110	106

С повышением температур и отсутствием осадков с середины апреля до середины мая запасы влаги на протяжении месяца уменьшились на 12–26 %, после чего их убывание было не столь значительным. С июня месяца и до осени запасы влаги на пашне стали существенно превышать таковые под целиной, где богатая

естественная растительность интенсивно использовала их, в то время как на пару они оставались законсервированными.

Говорить о разной степени интенсивности потерь влаги из того или иного слоя не корректно, так как при испарении с поверхностного слоя и при транспирации растений она постоянно пополняется из лежащих ниже слоев вследствие капиллярного подтока. Существует мнение, что пар не накапливает, а сохраняет влагу. В какой-то степени это действительно так, но все же и на пару потери влаги огромны.

Гумус – важнейшее органическое соединение почвенной среды. От него зависит физико-химические свойства почвы, ее пищевой и водный режим. Наши исследования показали (таблица 2), что содержание общего гумуса как на целине, так и на пашне закономерно убывает от весны к лету (с 5,83 до 5,31 % и с 4,32 до 3,64 % соответственно). Совершенно аналогично ведет себя и подвижный гумус. Поэтому мнение о гумусе черноземов как о консервативном образовании ошибочно, что установлено еще в 60-е годы прошлого столетия учеными Почвенного института имени В. В. Докучаева [14]. На целинных почвах изменения показателей можно объяснить динамикой разложения растительных остатков и процессами минерализации собственно гумусовых веществ, а также результатом корневых прижизненных выделений растений.

**Таблица 2 – Сезонная динамика гумуса в био- и агрочерноземе, 0–10 см (Ставропольский НИИСХ, 2010–2012 гг.)**

Угодье	Гумус, %	Срок наблюдений						*C <sub>v</sub>
		апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	
Целина*	общий	5,83	6,07	5,67	5,61	5,31	5,35	7,7 %;
	подвижный	0,73	0,63	0,62	0,53	0,59	0,58	
Пашня**	общий	4,32	4,09	3,90	3,73	3,64	3,43	4,4 %.
	подвижный	0,45	0,40	0,42	0,35	0,33	0,42	

*Примечание.* \* C<sub>v</sub> – коэффициент вариации.

На паровом участке, при отсутствии растительности, этот процесс, скорее всего, обусловлен усилением скорости окисления гумуса в оптимальных условиях увлажнения и температуры, интенсивности окислительно-восстановительных процессов, которые тесно связаны с условиями аэрации, а также с влажностью почвы. Летом, естественно, преобладают окислительные процессы, и поэтому содержание гумуса падает, в то время как весной и осенью – восстановительные процессы начинают преобладать из-за пониженной аэрации на фоне повышенного увлажнения.

Коэффициент вариации содержания гумуса в целинном черноземе несколько выше, чем в пахотном – 7,7 и 4,4 % соответственно, что обусловлено механическими обработками.

Важные показатели плодородия почв – содержание азота, подвижного фосфора и калия. В сезонной динамике пищевого режима отмечены некоторые закономерности (таблица 3). Прежде всего, запасы нитратного азота в биогенных почвах от весны до осени оставались очень низкими (не более 10 кг/га в метровом слое), в то время как на пашне (пар) они часто выше на целый порядок и характеризовались как средние и даже повышенные.

Фосфор – один из основных элементов питания растений. Он входит в состав белковых веществ и участвует в процессах ассимиляции и диссимиляции. Обеспеченность подвижными формами фосфора – основной из показателей окультуренности почв [15].

Содержание подвижного фосфора на целине почти постоянно оставался стабильно низким – в пределах 12 мг/кг. В то же время на пашне этот показатель

достигал 23–27 мг/кг, оставаясь стабильным при отсутствии выноса растениями на паровом участке. Коэффициент вариации в том и в другом случае довольно высок – 16,5 и 15,4 %.

**Таблица 3 – Сезонная динамика питательного режима почв  
(Ставропольский НИИСХ, 2010–2012 гг.)**

Угодье	Слой, см	Срок наблюдений					
		апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь
Нитратный азот, кг/га							
Целина <sup>1</sup>	0–20	4,3	4,7	4,8	1,2	5,6	1,7
	0–50	6,8	8,3	6,5	2,9	8,1	3,3
	0–100	8,4	9,6	8,0	5,4	10,6	6,3
Пашня <sup>2</sup>	0–20	1,2	8,4	7,2	6,7	11,8	33,6
	0–50	18,9	50,3	11,3	22,9	25,8	56,4
	0–100	92,5	108,2	15,9	64,2	67,9	110,1
Подвижный фосфор, мг/кг							
Целина <sup>3</sup>	0–10	12,7	19,6	12,7	12,3	7,5	7,2
Пашня <sup>4</sup>	0–10	24,7	22,7	27,2	27,2	26,6	22,5
Обменный калий, мг/кг							
Целина <sup>5</sup>	0–10	191	227	136	243	157	186
Пашня <sup>6</sup>	0–10	217	219	236	289	253	263

*Примечание.* <sup>1,2</sup> –  $C_v = 13,3\%$ ; <sup>3</sup> –  $C_v = 16,5\%$ ; <sup>4</sup> –  $C_v = 15,4\%$ ; <sup>5</sup> –  $C_v = 4,7\%$ ; <sup>6</sup> –  $C_v = 12,2\%$ .

Калий – один из важнейших элементов в питании растений. Значительное уменьшение калия в почве может привести не только к снижению продуктивности выращиваемых культур, но и к потере экологических и хозяйственных функций почвы [13]. Этот элемент усиливает процесс фотосинтеза и ассимиляции  $CO_2$ ; благодаря калию происходит накопление ассимилянтов в запасных органах растений, улучшается выполненность зерна злаковых культур, повышается эффективность азота при выращивании культурных растений, более эффективно используется вода, снижается поступление в растения радионуклидов [16].

Содержание обменного калия на пашне было существенно выше, чем на целине и по сезонам вегетационного периода изменялось незначительно. Коэффициент вариации  $K_2O$  в пространстве на целине составлял всего лишь 4,7 %, в то время как на пашне – 12,2 %.

**Ферментативная активность.** Почвенные ферменты – неотъемлемая часть жизни почвы. Они очень подвержены воздействию температуры и влажности почвы. При определении ферментов учитывают образующийся продукт реакции или количество трансформированного исходного субстрата при оптимальных условиях для реакции [9]. От ранней весны (апрель) до мая ферментативная активность значительно возрастала (таблица 4), после чего снижалась летом, хотя четкая закономерность здесь не всегда прослеживалась.

Каталаза – фермент класса оксидоредуктаз, катализирует окислительно-восстановительные реакции, направляет синтез и распад гумусовых веществ в почве [17]. По каталазной активности судят о скорости окислительных процессов в почве [7, 8, 18]. Наши исследования показали, что, как на целинных, так и на пахотных почвах активность каталазы слабая на протяжении всего вегетационного периода и не превышала 2,80 мл 0,1 н  $KMnO_4$ . В биогенных почвах она выше из-за большего количества различных окислительных процессов, обусловленных наличием растительности.

Инвертаза, уреазы, фосфатазы относятся к классу гидролаз. Эти ферменты широко распространены в почвах, катализируют реакцию гидролитического расщепления органических соединений и, таким образом, участвуют в обогащении почвы доступными для растений и микроорганизмов питательными веществами.

Таблица 4 – Ферментативная активность почв в динамике (Ставропольский НИИСХ, 2010–2012 гг.)

Угодье	Слой, см	Срок наблюдений					
		апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь
<sup>1</sup> Каталаза, мл 0,1 н КМnO <sub>4</sub> /1 г почвы за 20 мин							
Целина	0–20	2,23	1,70	2,60	2,80	2,60	2,42
	20–40	1,93	1,70	2,30	2,10	2,00	1,73
Пашня	0–20	1,47	1,30	1,60	1,40	1,20	1,33
	20–40	1,30	1,50	1,90	1,30	1,60	1,42
<sup>2</sup> Уреаза, мг N-NH <sub>4</sub> /1 г почвы за 4 час							
Целина	0–20	2,48	2,70	2,39	1,14	1,82	2,00
	20–40	3,41	3,22	2,53	1,07	1,85	2,14
Пашня	0–20	1,30	3,69	2,46	1,36	1,21	2,28
	20–40	4,73	2,60	2,72	1,65	2,53	2,42
<sup>3</sup> Фосфатаза, мг P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /10 г почвы за 1 час							
Целина	0–20	5,1	6,4	7,5	0,9	5,5	7,00
	20–40	6,7	5,4	6,1	0,7	4,1	3,90
Пашня	0–20	4,5	3,3	3,4	0,3	1,9	3,42
	20–40	3,7	3,3	3,1	0,5	1,0	3,35
<sup>4</sup> Инвертаза, мг глюкозы/1 г почвы за 40 час							
Целина	0–20	16,6	21,1	16,5	13,9	19,0	20,1
	20–40	12,0	20,2	12,0	12,8	12,8	19,5
Пашня	0–20	6,6	8,7	5,7	4,6	7,1	7,9
	20–40	5,8	8,6	6,2	6,3	7,3	7,1

Примечание. <sup>1</sup> – C<sub>v</sub> = 26,3 %; <sup>2</sup> – C<sub>v</sub> = 37,5 %; <sup>3</sup> – C<sub>v</sub> = 56,6 %; <sup>4</sup> – C<sub>v</sub> = 47,6 %.

Фермент уреазы участвует в метаболизме азотсодержащих соединений в почве, катализирует гидролиз мочевины до аммиака и углекислого газа, вызывая гидролитическое расщепление связи между азотом и углеродом в молекулах органических веществ [19]. Более гумусированная почва содержит больше уреазы. Наши исследования показали, что активность уреазы весной выше, чем в летний период. Весной целинные почвы имели преимущество по этому показателю в сравнении с пашней, но в летний период наблюдалась обратная закономерность и активность уреазы на пашне в среднем была на 15 % выше, чем на целине.

Фосфатазы входят в группу фосфогидролаз. Эта группа ферментов катализирует гидролиз фосфорорганических веществ, которые не могут быть использованы растениями без предварительного расщепления и минерализации. Активность фосфатазы находится в обратной зависимости от обеспеченности растений подвижным фосфором, поэтому она может быть использована как дополнительный показатель при установлении потребности внесения в почвы фосфорных удобрений. Как видно из таблицы 4, на протяжении всего вегетационного периода активность фосфатазы на целине выше, чем на пашне. В июле месяце и на целине, и на пашне этот показатель снизился на целый порядок, после чего к августу вновь повысился, а на целине даже достиг апрельской величины. На биогенных почвах этот показатель варьировал от очень высокого (7,5 мг/10 г почвы в час) до очень слабого (0,5 мг/10 г почвы в час). Почвы парового участка в период вегетации можно отнести к среднеобогатенным (1,9–4,5 мг/10 г почвы в час), согласно шкале Звягинцева, кроме июля месяца, где активность фосфатазы падает до очень низких значений – 0,3–0,5 мг/10 г почвы в час.

Инвертаза участвует в круговороте углерода и характеризует интенсивность превращения безазотистых органических соединений. Также она катализирует расщепление дисахаридов (сахароза и близкие к ней углеводы) на моносахара (глюкоза, фруктоза). Активность инвертазы выше в высокогумусных почвах.



В течение вегетации она повышается в период активного роста растений и при распаде корневых и растительных остатков. Полагают, что активность этого фермента коррелирует с содержанием в почве подвижного гумуса [9]. Наши исследования показали, что активность этого фермента выше на биогенных почвах, в которых выше содержание гумуса. Распашка оказывает существенное влияние на активность инвертазы и приводит к значительному ее снижению: в слое 0–20 см – на 62 %, в слое 20–40 см – на 54 %.

**Микробиологическая активность.** Микроорганизмы играют важную роль в почвообразовании и плодородии почв, а также участвуют в формировании почвенной структуры, образовании гумуса и других важных процессах, происходящих в почвах. Почвенные организмы выделяют в процессе жизнедеятельности различные физиологически активные соединения, способствуют переводу одних элементов в подвижную форму и наоборот [20].

На целинных почвах количество микроорганизмов, использующих органические формы азота, в слое 0–20 см на 32 % выше, чем в обрабатываемых почвах. В слое 20–40 см это превышение составило 14,5 % (таблица 5).

**Таблица 5 – Динамика численности эколого-трофических групп микроорганизмов (Ставропольский НИИСХ, 2010–2012 гг.)**

Угодье	Слой, см	Срок наблюдений				
		май	июнь	июль	август	сентябрь
<sup>1</sup> Аммонифицирующие микроорганизмы, использующие органические формы азота, млн КОЕ/г АСП						
Целина	0–20	238,7	259,3	156,0	169,3	192,7
	20–40	224,7	236,0	148,7	107,3	137,3
Пашня	0–20	142,0	210,7	126,0	152,7	138,7
	20–40	204,7	256,0	63,0	91,0	131,3
<sup>2</sup> Аминоавтотрофные микроорганизмы, использующие минеральные формы азота, млн КОЕ/г АСП						
Целина	0–20	117,4	83,7	76,9	97,8	98,7
	20–40	114,6	95,4	71,7	84,5	84,5
Пашня	0–20	117,5	84,5	83,9	84,9	83,5
	20–40	115,6	84,1	71,8	84,5	72,0
<sup>3</sup> Количество почвенных дрожжей в почве, тыс. КОЕ/г АСП						
Целина	0–20	36,9	68,7	24,8	59,9	29,2
	20–40	30,7	58,0	5,0	39,3	26,8
Пашня	0–20	98,0	13,0	2,2	5,3	26,7
	20–40	82,7	13,3	6,8	7,5	34,1
<sup>4</sup> Количество микроорганизмов, участвующих в минерализации гумусовых веществ (автохтонной микрофлоры), тыс. КОЕ/г АСП						
Целина	0–20	161,3	68,0	18,7	48,3	39,7
	20–40	170,0	30,0	41,3	35,0	41,7
Пашня	0–20	160,3	63,9	12,7	37,7	34,0
	20–40	129,3	78,0	52,0	42,7	38,3

**Примечание.** <sup>1</sup> –  $C_v = 33,1 \%$ ; <sup>2</sup> –  $C_v = 16,8 \%$ ; <sup>3</sup> –  $C_v = 81,6 \%$ ; <sup>4</sup> –  $C_v = 75,4 \%$ .

На состав микроорганизмов большое влияние оказывают корни растений, черви, насекомые, землероющие грызуны и другие представители почвенной фауны. Июнь месяц характеризовался более высокими показателями активности почвенной микрофлоры, что могло быть связано с благоприятными для роста микроорганизмов условиями, связанными с температурным и водным режимом почв. В июле получены самые низкие показатели микробиологической активности почв.

По количеству аммонифицирующих микроорганизмов целина превосходила пашню, за исключением слоя 20–40 см в июне месяце. В слое 0–20 см активность микроорганизмов выше, чем в слое 20–40 см, разница по слоям на биогенных почвах составляла 19 %. Возможно, в более верхнем слое разложение азотсодержащих органических соединений происходит более активно. Микроорганизмы, использующие минеральные формы азота, распределяются более равномерно по почвенному профилю (см. таблицу 5). Наибольшее их количество отмечено в мае месяце, как на целине, так и на пашне (114,6–117,5 млн КОЕ/г АСП).

Среди огромного разнообразия микроорганизмов, населяющих почвенные слои, обычно присутствуют и дрожжи. Почвенные дрожжи синтезируют полезные для роста растений вещества из аминокислот и сахаров, продуцируемых другими бактериями и корнями растений. В результате бродильных процессов, осуществляемых дрожжами, происходит естественное рыхление почвы и улучшение ее структуры (см. таблицу 5). Общая численность дрожжей во всех исследованных почвах в наших опытах варьировала от 2,2 до 68,7 тыс. КОЕ/г АСП. Наибольшее их содержание наблюдалось на целинном участке в слое 0–20 см, за исключением майского отбора: в этот период исследуемая группа микроорганизмов преобладала на пахотных почвах, что, скорее всего, связано с недавно проведенной обработкой почвы. Низкое содержание почвенных дрожжей в июле месяце связано с дефицитом для типичных копитрофов (предпочитающих высокие концентрации питательных веществ) легкодоступных субстратов, из-за высокой температуры и отсутствия влаги в почве.

Микроорганизмы, разлагая гумусовые вещества, снабжают растения элементами питания в минеральной форме. Наибольшее количество микроорганизмов, участвующих в минерализации гумусовых веществ, обнаружено в мае во всех вариантах опыта (129,3–161,3 тыс. КОЕ/г АСП). С повышением температуры и снижением влажности почвы прослеживалась тенденция уменьшения количества микроорганизмов данной группы на всех вариантах опыта. На обработанных почвах численность микроорганизмов, участвующих в минерализации гумусовых веществ, преобладала в более увлажненном слое 20–40 см. На целинном участке такой закономерности не установлено.

Важную информацию об интенсивности и направленности почвенно-микробиологических процессов дают абсолютные числа, отражающие количество различных микроорганизмов и их соотношения между собой. Для экологической оценки почв использованы следующие коэффициенты: минерализации, микробиологической трансформации органического вещества, олиготрофности (таблица 6).

Направленность микробиологических процессов в почве характеризуется показателем, связанным с превращениями азотсодержащих соединений – коэффициентом минерализации растительных остатков. В целинных и пахотных почвах наблюдается колебание содержания аммонифицирующих и аминокислототрофных микроорганизмов, что влечет за собой изменение коэффициента минерализации. Наибольший коэффициент минерализации установлен для пахотных почв –  $K_{\text{мин}} = 1,1$ , а для биогенного ландшафта этот коэффициент в среднем составил 0,5, следовательно, процессы минерализации в целинных почвах протекают медленнее.

С целью конкретного выражения особенностей развития микробиологических процессов в целинных и пахотных почвах В. Д. Мухой с соавторами [10] предложен способ определения показателя, отражающего интенсивность и направленность (характер) микробиологических процессов – коэффициент микробиологической трансформации органического вещества.

**Таблица 6 – Показатели активности микробиологических процессов в почвах разного сельскохозяйственного назначения (Ставропольский НИИСХ, 2010–2012 гг.)**

Угодье	Слой	Срок отбора				
		май	июнь	июль	август	сентябрь
Коэффициент минерализации						
Целина	0–20	0,5	0,3	0,5	0,6	0,5
	20–40	0,5	0,4	0,5	0,8	0,6
Пашня	0–20	0,8	0,4	0,7	0,6	0,6
	20–40	0,6	0,3	1,1	0,9	0,5
Коэффициент микробиологической трансформации органического вещества						
Целина	0–20	724	1063	472	462	569
	20–40	665	820	457	244	360
Пашня	0–20	314	736	315	427	369
	20–40	567	1035	118	189	371
Коэффициент олиготрофности						
Целина	0–20	0,68	0,26	0,12	0,29	0,21
	20–40	0,76	0,13	0,28	0,33	0,30
Пашня	0–20	1,13	0,30	0,10	0,25	0,25
	20–40	0,63	0,30	0,83	0,47	0,29

Самый высокий коэффициент (1063) получен на целинных почвах в июне в слое 0–20 см. Почвы целинного участка имели более высокий показатель интенсивности протекающих микробиологических процессов. Коэффициент олиготрофности характеризуется численностью бактерий, подразделяющихся по их отношению к пищевым потокам в среде. Наиболее высокие значения коэффициента олиготрофности получены на пахотных почвах (см. таблицу 6). Это свидетельствует об активности процессов утилизации гумуса и гумусосодержащих соединений. В биогенном ландшафте идут менее активные процессы разложения гумуса за счет поступления в почву свежих растительных остатков, способствующих развитию сапрофитных бактерий и актиномицетов.

Нами проведен двухфакторный дисперсионный анализ количества разных групп микроорганизмов (таблица 7).

**Таблица 7 – Результаты двухфакторного дисперсионного анализа количества разных групп микроорганизмов в разные сроки отбора в слое 0–20 см (Ставропольский НИИСХ, 2010–2012 гг.)**

Группа микроорганизмов	Фактор	F <sub>факт</sub>	F <sub>05</sub>	Влияние, %	S <sub>x</sub> , %
Микроорганизмы, использующие органические формы азота	А – тип угодья	76,15	4,4	30,5	-
	В – срок отбора	32,80	2,9	52,5	-
	Для опыта с данной группой микроорганизмов	25,62	2,7	-	5,0
Микроорганизмы, использующие минеральные формы азота	А – тип угодья	62,27	4,4	2,13	-
	В – срок отбора	639,21	2,9	87,62	-
	Для опыта с данной группой микроорганизмов	321,97	2,7	-	0,9
Дрожжи	А – тип угодья	12,49	4,4	6,03	-
	В – срок отбора	18,05	2,9	34,85	-
	Для опыта с данной группой микроорганизмов	21,00	2,7	-	18,2
Микроорганизмы, участвующие в минерализации гумусовых веществ	А – тип угодья	0,99	8,7	0,27	-
	В – срок отбора	85,39	2,9	94,30	-
	Для опыта с данной группой микроорганизмов	38,10	2,7	-	13,5

Факторами выступали тип угодья и срок отбора. Наиболее значимым было влияние сроков отбора (34,85–94,30 %). Фактор «тип угодья» во всех группах

микроорганизмов достоверно значим, но оказывает слабое влияние на изучаемые эколого-трофические группы микроорганизмов (0,27–30,50 %).

### Выводы

Все рассмотренные выше параметры почвы, слагающие ее плодородие, характеризуются значительной изменчивостью на протяжении вегетационного периода. В более засушливый период запасы влаги выше на пашне (пар) 128 мм, а целинные почвы, богатые растительностью используют почвенную влагу более интенсивно (93 мм в слое 0–100 см).

Преобладающие летом в почве окислительные процессы приводят к снижению содержания гумуса на 9 % на целине и 16 % на пашне, а весной и осенью происходят восстановительные процессы, которые повышают его показатели.

По обеспеченности основными элементами питания целинные почвы характеризуются как малообеспеченные по азоту (6,3–10,6 кг/га) и фосфору (7,2–19,6 мг/кг), и средне обеспечены по калию (136–227 мг/кг), тогда как на пашне наблюдалась средняя обеспеченность этими элементами (76,5; 25,1; 246 соответственно).

Количество фермента уреазы на пахотных почвах на 17 % выше, чем на целинных. Ферменты каталаза, фосфатаза, инвертаза преобладали на более гумусированных целинных почвах.

Численность микроорганизмов, участвующих в минерализации гумусовых веществ, выше на целинных почвах в слое 0–20 см на 5 %, а на пахотных в слое 20–40 см – на 10%. Наибольшее количество микроорганизмов, выросших на МПА и КАА, отмечено на целинных почвах (19 и 5 % соответственно). Почвенные дрожжи на целинных почвах преобладали в слое 0–20 см – 24,8–68,7 тыс. КОЕ/г АСП, тогда как на пашне в слое 20–40 см – 6,8–82,7 тыс. КОЕ/г АСП.

### Литература

1. Куприченков М. Т., Антонова Т. Н. Ферменты в почвах Предкавказья. Ставрополь: Агрус, 2010. 192 с.
2. Петрова Л. Н., Менькина Е. А. Биологическая активность почв на разных таксонах агроландшафта байрачных лесостепей Ставропольской возвышенности // Устойчивость почв к естественным и антропогенным воздействиям. Тезисы докладов Всероссийской конференции, посвященной 75-летию Почвенного института имени В. В. Докучаева, Москва, 2002. С. 242–243.
3. Менькина Е. А. Биологическая активность почв на разных подурочищах ландшафта в зависимости от дозы минеральных удобрений // Проблемы плодородия почв на современном этапе развития. Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. Пенза: РИО ПГСХА, 2002. С. 54–56.
4. Гарбуз С. А., Ярославцева Н. В., Холодов В. А. Ферментативная активность внутри и снаружи водостойчивых агрегатов в почвах разного вида использования // Почвоведение. 2016. № 3. С. 398–407.
5. Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв. М.: МГУ, 1970. 487 с.
6. Пономарева В. В., Плотникова Т. А. Гумус и почвообразование. Л.: Наука, 1980. 221 с.
7. Хазиев Ф. Х. Методы почвенной энзимологии. М.: Наука, 2005. 252 с.
8. Галстян А. Ш. Ферментативная активность почв Армении. Ереван: Айастан, 1974. 259 с.
9. Хазиев Ф. Х. Ферментативная активность почв. М.: Наука, 1976. 179 с.
10. Методы почвенной микробиологии и биохимии. Под ред. Звягинцева Д. Г. М.: МГУ, 1991. 304 с.
11. Енкина О. В., Коробский Н. Ф. Микробиологические аспекты сохранения плодородия черноземов Кубани. Краснодар, 1999. 150 с.
12. Муха В. Д., Картамышев Н. Н., Кочетов И. С., Муха Д. В. Агрочвоведение. М.: Колос, 1994. 528 с.
13. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
14. Володин В. М., Сухановский Ю. П., Чередниченко А. В. Математическая модель динамики гумуса // Бюллетень Почвенного института имени В. В. Докучаева. 1985. Вып. 36. С. 43–44.
15. Лукин С. В. Динамика агрохимических показателей плодородия пахотных почв юго-западной части Центрально-Черноземных областей России // Почвоведение. 2017. № 11. С. 1367–1376.
16. Прудников П. В. Использование агрономических руд и новых комплексных минеральных удобрений на радиоактивно загрязненных почвах. Брянск: изд-во ГУК «Клинцовская городская типография», 2012. 296 с.

17. Кононова М. М. Проблемы почвенного гумуса и современные задачи его изучения. М.: Изд. АН СССР, 1951. 392 с.
18. Муха В. Д. Естественно-антропогенная эволюция почв (общие закономерности и зональные особенности). М.: Колос, 2004. С. 92–101.
19. Берестецкий О. А., Возняковская Ю. М., Доросинский Л. М. Биологические основы плодородия почвы. М.: Колос, 1984. 287 с.
20. Руссель С. Микроорганизмы и жизнь почвы. М.: Колос, 1977. 222с.

### References

1. Kuprichenkov M. T., Antonova T. N. Enzymes in soils of Ciscaucasia. Stavropol: Agrus, 2010. 192 p.
2. Petrova L. N., Menkina E. A. Biological activity of soils on different taxons of an agrolandscape of bayrachny forest-steppes of Stavropol Plateau // Resistance of soils to natural and anthropogenic influences. Theses of reports of the All-Russian conference devoted to the 75<sup>th</sup> anniversary of V.V. Dokuchayev Soil Science Institute. Moscow, 2002. P. 242–243.
3. Menkina E. A. Biological activity of soils on different subnatural boundaries of a landscape depending on a dose of mineral fertilizers // Problems of fertility of soils at the present stage of development: Collection of materials All-Russian scientific and practical conference. Penza: RIO PGSH, 2002. P. 54–56.
4. Garbuz S. A., Yaroslavtseva N. V., Holodov V. A. Enzymatic activity inside and outside of water-stable aggregates in soils under different land use // Pochvovedenie (Eurasian Soil Science). 2016. No. 3. P. 398–407.
5. Arinushkina E. V. Guide to the chemical analysis of soils. Moscow: MSU, 1970. 487 p.
6. Ponomareva V. V., Plotnikova T. A. Humus and soil formation. Leningrad: Nauka, 1980. 221 p.
7. Haziyeu F. H. Methods of soil enzymology. Moscow: Nauka, 2005. 252 p.
8. Galstyan A. Sh. Enzymatic activity of soils of Armenia. Yerevan: Ayastan, 1974. 259 p.
9. Haziyeu F. X. Enzymatic activity of soils. Moscow: Nauka, 1976. 179 p.
10. Methods of soil microbiology and biochemistry. Ed. by Zvyagintsev D. G. Moscow: MSU, 1991. 304 p.
11. Enkina O. V., Korobsky N. F. Microbiological aspects of maintaining fertility of chernozems of Kuban. Krasnodar, 1999. 150 p.
12. Mukha V. D., Kartamyshev N. N., Kochetov I. S., Mukha D. V. Agrology. Moscow: Kolos, 1994. 528 p.
13. Dospekhov B. A. A technique of field experiment (with bases of statistical processing of results of researches). Prod. the 5th additional and reslave. Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p.
14. Volodin V. M., Sukhanovsky Yu. P., Cherednichenko A. V., Mathematical model of dynamics of a humus // Bulletin V. V. Dokuchayev Soil Science Institute. 1985. Issue 36. P. 43–44.
15. Lukin S. V. Dynamics of the agrochemical fertility parameters of arable soils in the southwestern region of Central Chernozemic zone of Russia// Pochvovedenie (Eurasian Soil Science). 2017. No. 11. P. 1367–1376.
16. Prudnikov P. V. Use of agronomical ores and new complex mineral fertilizers on radioactive polluted soils. Bryansk: Publisher GUK “Klintsovskaya Gorodskaya Tipografiya”, 2012. 296 p.
17. Kononova M. M. Problems of a soil humus and modern problems of his studying. Moscow: Prod. Academy of Sciences of the USSR, 1951. 392 p.
18. Mukha V. D. Natural and anthropogenic evolution of soils (general regularities and zone features). Moscow: Kolos, 2004. P. 92–101.
19. Berestetsky O. A., Voznyakovskaya Yu. M., Dorosinsky L. M. Biological bases of fertility of the soil. Moscow: Kolos, 1984. 287 p.
20. Roussel S. Microorganisms and life of the soil. Moscow: Kolos, 1977. 222 p.

UDC 631.461:631.47

Menkina E. A., Kuprichenkov M. T.

### SEASONAL DYNAMICS OF BIOLOGICAL ACTIVITY IN AGRO-AND BIOGENOUS SOILS OF STAVROPOL KRAI

**Summary.** *The main goal of the current research was to study soil processes in a long-term cycle on according to the growing seasons of bio- and the agrochernozem. Monthly observations from April to September have shown that reserves of productive moisture in a layer of 0–100 cm have decreased on a virgin soil from 195 to 43 mm, and on an arable land from 237 to 106 mm. The maintenance of a humus considerably decreases since April and up to August: on a virgin soil for 0.52 absolute %, and on an arable land – for 0.68 %. Reserves of nitrates in virgin soil and arable land were minimum in June – 8.0 and 15.9 kg/hectare in 0–100 cm, amounting in April 8.4 and 92.5 kg/hectare and in August*



10.6 and 67.9 kg/hectare. The maintenance of  $P_2O_5$  in virgin soil and arable land (fallow) remained stable – about 13 mg/kg and 25–27 mg/kg respectively. The maintenance of  $K_2O$  in virgin soil was minimum in June, and in arable land naturally increased until July from 217 to 289, having decreased in August up to 253 mg/kg. The virgin soil surpasses an arable land in the activity of enzymes, except for urease which in arable soils was almost always higher. It (urease) is more active in a layer of 20–40 cm compared to a layer of 0–20 cm. The activity of other enzymes in a sub-arable layer is, as a rule, lower than in top. The number of ecological-trophic groups of microorganisms was higher in spring, and there was some decrease in summer and by autumn the quantity of ammonifiers and aminoautotrophs increased. The greatest activity of soil yeast was in June time of sampling virgin soils and in spring in arable land (68.7 and 98.0 thousand CFU/g ASP, respectively). The greatest number of the microorganisms which have grown on starvation agar was noted in May (129.3–170.0 thousand CFU/g ASP). Thus, in the properties of chernozem virgin and arable, significant seasonal variability is noted, which must be taken into account when soils are characterized.

**Keywords:** soil, enzymatic activity, microbiological activity, humus, soil moisture.

Менькина Елена Александровна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр»; 356241, Россия, Ставропольский край, г. Михайловск, ул. Никонова, 49; e-mail: zzigen@list.ru.

Куприченков Михаил Тимофеевич, доктор сельскохозяйственных наук.

Menkina Elena Aleksandrovna, Cand. Sc. (Agr.), senior researcher, Federal State Budgetary Scientific Institution “The North Caucasian Scientific Agrarian Center”; 49, Nikonov Str., Mikhaylovsk, Stavropol Krai, 356241, Russia; e-mail: zzigen@list.ru.

Kuprichenkov Mikhail Timofeyevich, Dr. Sc. (Agr.).

*Дата поступления в редакцию – 20.04.2018.*

*Дата принятия к печати – 17.05.2018.*

**ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛИ ФРАКТАЛЬНОЙ ФРАКЦИИ (PSF) ДЛЯ ФИЗИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ВОДОУДЕРЖИВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ПОЧВЫ**<sup>1</sup> ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт»;<sup>2</sup> ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»

**Реферат.** Цель работы – развитие методов моделирования функции водоудержания, апробация алгоритма расчета ветви десорбции ОГХ по модифицированной фрактальной PSF-модели. Рассматривается возможность экспериментального определения фрактальной размерности почвенной структуры исследованием процесса нестационарной фильтрации влаги через почву. Водоудерживающую способность почвы описывает основная гидрофизическая характеристика (ОГХ). Для аппроксимации кривой ОГХ применяют различные математические модели. Кривая ОГХ необходима для точного расчета оросительных норм. Расчет оросительных норм на основе априорной кривой позволит решить ряд практических задач управления посевам и обеспечит снижение себестоимости сельскохозяйственной продукции. Получение значений кривых ОГХ на основании контрольных точек и общих почвенных характеристик позволит существенно сократить затраты на полевые и экспериментальные исследования, получать необходимые расчетные значения для территорий, по которым имеется недостаточный объем исследовательской или мониторинговой информации. Расчет кривой водоудержания позволит также решить ряд практических задач гидромелиорации сельскохозяйственной продукции угодий, инженерных задач возведения гидротехнических сооружений: дамб, водоотводных систем при жилищном и промышленном строительстве. Однако использованию ОГХ препятствует ряд недостатков, присущих применяемым математическим моделям. На основе теории фрактальной перколяции предпринята попытка физического обоснования гистерезиса водоудерживающей способности почвы. Использование теории фрактальной фракции в гидрофизике почвы привело к разработке фрактальных моделей для прогнозирования ОГХ. Для применения фрактальной модели pore - solid - fractal (PSF-model) к расчету ОГХ необходимо знать величину фрактальной размерности почвенной структуры. Предложен метод определения фрактальной размерности порового пространства почвы исследованием нестационарной фильтрации и анализа временных рядов объемного расхода фильтрации влаги через почву. Выполнен расчет десорбционных ветвей гистерезиса водоудерживающей способности супесчаных почв. Расчетные десорбционные ветви сопоставлены с экспериментальными данными. Исследование статистических различий выборок (сходимость данных) проведено с применением критерия Манна-Уитни (U). Значение критерия  $U = 30$ . Критическое значение U-критерия при заданной численности сравниваемых рядов данных составляет 13. Различия между выборками не являются статистически значимыми с доверительной вероятностью 0,95.

**Ключевые слова:** гидрофизика почв, физическое моделирование, водоудерживающая способность почвы, фрактальная размерность структуры, фрактальная модель.

**Введение**

Для моделирования динамики влаги в зоне аэрации почвы (в ненасыщенной влагой почве) необходимо располагать основной гидрофизической характеристикой

(ОГХ), которая описывает водоудерживающую способность почвы. Водоудерживающая способность наряду с влагопроводностью относится к числу важнейших гидрофизических свойств почвы. Гидротехническое строительство мелиоративных систем при гидромелиорации земель начинается с инженерных почвенно-мелиоративных изысканий, исследования физических и гидрофизических свойств почвы. Водоудерживающая способность почвы является основным, наиважнейшим гидрофизическим свойством почв, на основе которого можно априорно рассчитать многие инженерные параметры будущей гидромелиоративной системы, например, коэффициент водоотдачи. Знание ОГХ необходимо для прогнозирования, а также для расчета эффективности функционирования проектируемой гидромелиоративной системы. Функциональное представление гидрофизических свойств почвы является основой решения уравнения неразрывности потока почвенной влаги. Это уравнение относится к уравнениям в частных производных параболического типа и называется уравнением Ричардса [1]. Основная трудность применения уравнения Ричардса заключается в отсутствии физически адекватных аналитических описаний коэффициентов данного уравнения [2].

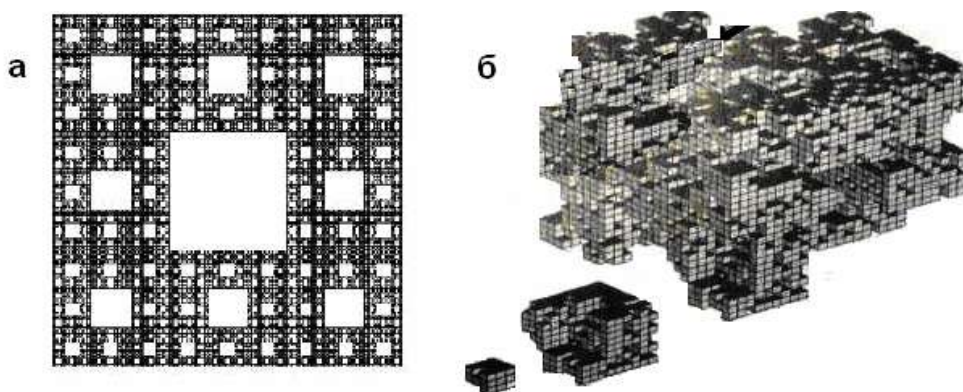
При поступлении (сорбции) влаги в почву сначала заполняются самые тонкие и капиллярные поры, а затем – крупные поры. Во фрактальной теории перколяции этот эффект называется «эффектом чернильницы» [3, 4]. При смачивании водой поверхности твердых частиц почвы влага растекается, и отрицательная величина потенциала влаги возрастает.

При иссушении (десорбции) почвы влага сначала покидает крупные поры и лишь затем капиллярные и сорбционные поры, отрицательная величина потенциала влаги уменьшается. Поэтому одному значению величины объемной влажности почвы при поступлении воды в почву и при иссушении почвы соответствуют разные значения величины потенциала влаги. Данное явление называется гистерезисом водоудерживающей способности почвы: при экспериментальных измерениях S-образная ветвь изотермы десорбции не совпадает с S-образной ветвью изотермы сорбции ОГХ. С учетом гистерезиса моделирование водоудерживающей способности почвы является трудноразрешимой задачей. Поэтому с 1931 г. – времени публикации уравнения Ричардса – разработаны и предложены многочисленные модели для аппроксимации ОГХ [5–7]. Известны сайты (калькуляторы) с информацией по аппроксимации ОГХ [8]. Первые программные продукты для аппроксимации ОГХ на персональном компьютере разработаны еще в конце двадцатого века [9–12]. Обычно для аппроксимации экспериментальных точек ОГХ применяют модели Брукса-Кори [13–15] и др.

При аппроксимации используют метод подбора кривых по экспериментально измеренным точкам ОГХ, то есть – настройки параметров модели на основании статистических критериев Тейла и/или Нэша–Сатклиффа [4]. При этом эмпирические коэффициенты, применяемые в аппроксимациях ОГХ, обычно не имели физической интерпретации [2]. Некоторые новые и оригинальные подходы к математическому моделированию ОГХ, к решению проблемы гистерезиса и физическому обоснованию эмпирических коэффициентов моделей ОГХ, предложенные в трудах Пачепского Я. А. [11], Терлеева В. В. [16] (2000), Полуэктова Р. А. [17], получили дальнейшее развитие [7, 18, 19]. Необходимо отметить, что проблема аппроксимации, моделирования (и, в какой-то мере, априорного расчета) ОГХ является основополагающей идеей ряда поколений гидрофизиков [5, 18, 20–22]. Однако возможность строгого теоретического расчета функции водоудерживающей способности почвы появилась сравнительно недавно с развитием фрактальной геометрии порового пространства почвы и теории фрактальной перколяции.

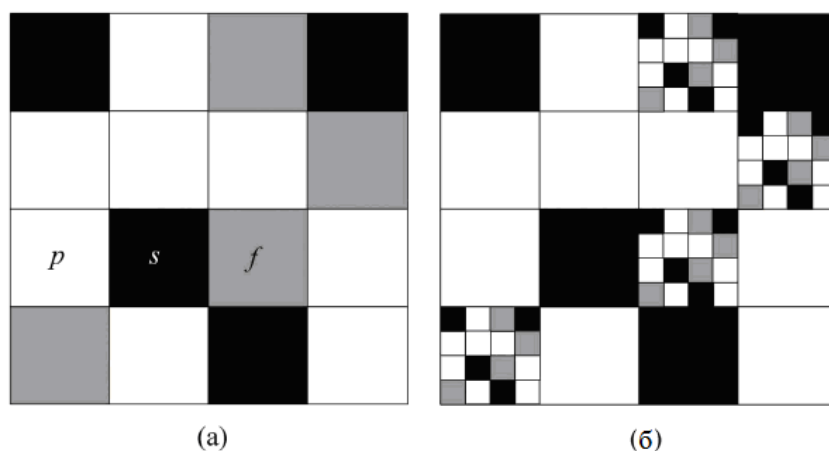
Отправной точкой этих исследований следует назвать работы середины 80-х и начала 90-х годов прошлого века: Ромм Е. С. [23]; Friesen W. I., Mikula R. J. [24]; Гийом и др., [25]; Rieu M., Sposito G. [26]; Perfect E., Rasiah V., Kay B. D. [27].

Фрактальные модели почвенной структуры появились на основе обобщения классических фракталов – ковра Серпинского–губки Менгера. Tyle, Wheatcraft (1990) [28] представили фрактальную модель почвенной структуры – ковер Серпинского для предсказания ОГХ. Глобус А. М. [29], Гончаров В. Д. [30] применили специально сконструированную фрактальную модель – губку Менгера для описания почвенной структуры. Нетрудно предположить, что поперечный срез почвенного агрегата может иметь сходство с ковром Серпинского. А строение агрегата в пространстве моделироваться губкой Менгера (Рисунок 1а, б) [31–33].



**Рисунок 1 – Модели почвенной структуры**  
*Примечание. а – Ковер Серпинского; б – губка Менгера.*

Развитием фрактальных представлений о почвенной структуре стала теория фрактальной фракции: pore - solid - fractal - structure (PSF). Использование концепции фрактальной фракции в физике и гидрофизике почв привело к разработке фрактальных моделей для прогнозирования ОГХ [34–37], в частности, к разработке, получившей широкую известность модели – pore solid fractal model (PSF-M, или просто PSF). Эта фрактальная модель является полезным инструментом, который устраняет разрыв между эмпирическими моделями и обеспечивает некоторую физическую основу параметров моделей (рисунок 2) [34, 38]. Для практических расчетов оросительных норм используют обычно ветвь иссушения (десорбции влаги).



**Рисунок 2 – Идеализированная PSF-модель фрактальной структуры**

*Примечание. а – симметрия твердой фазы почвы (черные клетки) пространства пор (белые клетки) и фрактальных агрегатов (серые клетки); б – иерархическая организация модели [4].*

**Цель работы** – развитие методов моделирования функции водоудержания, апробация алгоритма расчета ветви десорбции ОГХ по модифицированной фрактальной PSF-модели.

### Материалы и методы

На основе теории фрактальной фракции и использовании PSF-моделей, предложенных в работах [35, 36, 39–41], можно предсказать ОГХ. Практически во всех аппроксимациях функции водоудерживающей способности почвы используется параметр потенциала влаги при входе воздуха в почвенные поры (давления барботирования), однако определение значения потенциала входа воздуха усложнено из-за трудоемких методов измерения. Возникает вопрос: почему для прогнозирования кривой ОГХ можно использовать только значения давления барботирования и влажности насыщения? В частности, PSF-модель может непосредственно предсказать вид кривой ОГХ без дополнительной подгонки, если известны фрактальная размерность структуры почвы и любая экспериментальная точка на этой кривой, например, величина наименьшей влагоемкости почвы при потенциале влаги -330 см вод. ст.

Наибольшее препятствие к предсказанию ОГХ по PSF-модели вызывает величина фрактальной размерности. Если принять допущение, что в качестве модели почвенной структуры используется обобщенная губка Менгера, то фрактальная размерность ( $D$ ) такой почвенной структуры известна и равна 2,72. Ранее были разработаны несколько методов оценки  $D$  с использованием распределения агрегатов почвенной структуры по размерам, распределения элементарных почвенных частиц почвы (ЭПЧ) или пор почвы по размерам [30, 34]. Однако распределения структурных элементов почвы по размерам зависят от того, каким экспериментальным методом они определены [42]. Для установления величины фрактальной размерности почвенной структуры в работе предлагается использовать динамику изменения объемного потока воды при постоянном гидравлическом напоре, исходя из представлений теории перколяции [43].

В образце почвы ненарушенного сложения (или сформованного на основе представлений физического подобия) [32, 44], для которого необходимо рассчитать кривую ОГХ по PSF-модели, измеряется или задается общая пористость (значение общей пористости практически соответствует полному влагонасыщению почвы  $\theta_s$ ). Образец почвы формуется в стандартном рабочем цилиндре фильтрационного прибора. Образцы почвы ненарушенного сложения отбираются в поле непосредственно в цилиндр при помощи свинчивающегося режущего кольца. При фильтрации фиксируется время между проскоком пузырьков воздуха в трубке Мариотта фильтрационного прибора: отрыв пузырька означает, что через образец просочился небольшой объем влаги. Таким образом, получаем временной ряд – набор значений величины объемного расхода от времени проскока пузырьков. Скорость фильтрации со временем уменьшается по экспоненте. При наличии эффекта Харста экспонента фильтрации промодулирована периодической функцией. Фрактальная размерность временного ряда вычисляется тем или иным способом [33, 45]. Затем, измеряется методом прессы произвольная точка ветви иссушения (десорбции) кривой водоудерживающей способности почвы: например, условная точка (0), соответствующая наименьшей влагоемкости почвы (НВ) или влажности завядания (ВЗ). Для вычислений значений  $h_{min}$  и текущих значений напора или потенциала влаги  $h$ , по значениям  $D$ ,  $h_0$ ,  $\theta_0$ ,  $\theta$ , используют следующее соотношение:

$$h_{min} = h_0 \cdot \left( \frac{\theta_0}{\theta} \right)^{\frac{1}{E-D}}, \quad (1)$$



где:  $\theta_0$  – экспериментально определенное значение объемной влажности почвы, соответствующее заданному в качестве нулевой точки расчета ветви значению потенциала влаги  $h_0$ .  $E$  и  $D$  – соответственно евклидова и фрактальная размерность объема.

Для вычисления всей ветви десорбции кривой водоудерживающей способности почвы используем вычислительную процедуру PSF в логарифмической форме:

$$\lg \theta = \lg \theta_0 + (D - E) \cdot (\lg h - \lg h_0). \quad (2)$$

В качестве объектов исследования для выполнения вычислительной процедуры функции водоудерживающей способности почвы по PSF-модели взяты различные по гранулометрическому составу почвы ряда районов Северо-Запада РФ.

В Гатчинском районе Ленинградской области (землепользование «Меньково») отобраны образцы агродерново-подзолистой типичной супесчаной почвы, горизонты: PU (глубина взятия образца 0–20 см), 2C (глубина взятия образца 120–130 см). В Псковской области (землепользование «Родина») взяты образцы горизонта С (глубина взятия образца 100–120 см) агродерново-подзола глееватого песчаного. Из АПК «Бугры» Ленинградской области отобраны образцы почвы из горизонта Bfg (90–100 см) агрозема текстурно-дифференцированного окисленно-глеевого.

Экспериментальные кривые ОГХ для исследованных образцов почвы получены каноническими методами. Применены методы пресса и высушивания образцов почвы над насыщенным раствором соли.

#### Результаты и их обсуждение

Согласно теории перколяции пористая среда «внезапно» обретает свойства влагопроводности при заполнении всех своих пор и пустот жидкостью. Поток влаги через пористую среду по уравнению Пуазейля пропорционален четвертой степени радиуса пор, отнесенному к длине пор (или извилистости пути потока). Поэтому при незначительном изменении размеров агрегатов и пор происходит существенное изменение величины объемного расхода ( $Q$ ) при постоянном напоре.

При вхождении в такую пору небольшого добавочного количества воды происходит выброс всей накопленной в поре воды, то есть объемный расход превышает поступление воды в почву. Возникает так называемый эффект Харста – поступление воды в почву вызывает выход большего объема воды из почвы по сравнению с поступившим объемом.

Если принять, что объемный расход воды в каждый период представляет собой последовательность случайных величин, не связанных друг с другом, то суммарный расход воды  $Q$  должен быть пропорционален всему периоду времени процесса  $t$ . Стандартное отклонение такого случайного процесса, при нулевом среднем, определяется как  $t^{0,5}$  (где  $t$  период); дисперсия, соответственно, должна быть равна всему периоду времени. В некоторых опытах по фильтрации оказалось, что суммарный расход не пропорционален  $t^{0,5}$ , и показатель степени при  $t$  не равен 0,5. Возникает эффект Харста, что математически означает неравенство стандартного отклонения процесса и величины  $\sqrt{t}$ . При фрактальной итерации временного ряда (общего вида  $L^n = f(t)$ ) автокорреляционная функция приращений затухает по степенному закону, а его спектральная плотность при низких частотах расходится [46, 47]. Показатель при  $t$  получил название показателя Харста.

На основе фильтрационных испытаний образца почвы ненарушенного сложения утверждаем: если экспериментально полученная экспонента фильтрации промодулирована периодической функцией в виде спектра частот и  $f(\omega) \rightarrow \infty$ , почва имеет фрактальную структуру. Фрактальную размерность такого сигнала легко определить методом линейных систем фрактальной геометрии, суть метода изложена, например, в работе Старченко Н. В., 2005 [45]. Таким образом, в силу эффекта Харста

– участия в процессе нестационарной фильтрации всего объема почвенных пор (включая тупиковые), а не только пор инфильтрации, получаем возможность определить фрактальную размерность почвенной структуры. В случае отсутствия спектра фильтрации воды через образец почвы  $f(\omega) = const$ , полученная экспериментальная зависимость объемного расхода от времени имеет гладкий характер; это соответствует случаю упорядоченной (регулярной) структуры почвы.

Фрактальная размерность порового пространства дерново-подзолистых супесчаных почв определена наблюдением за характером нестационарной фильтрации влаги через исследуемый образец и анализом временного ряда (зависимости) объемного расхода влаги от времени методом линейных систем. Методом пресса определена объемная влажность почвы (наименьшая влагоемкость НВ), соответствующая потенциалу – 330 см вод.ст. Данные значения объемной влажности почвы и потенциала влаги приняты за координаты точки отсчета при выполнении вычислительной процедуры для ОГХ с использованием PSF-модели. Рассчитаны значения потенциалов влаги, соответствующие полной влагоемкости данных почв -  $h_{min}$ . В таблице 1 приведены результаты гранулометрического анализа и некоторые физические параметры почв, необходимые для применения вычислительной процедуры PSF-модели.

**Таблица 1 – Физические параметры почв, используемые в расчетной процедуре функции водоудерживающей способности почвы с использованием PSF-модели**

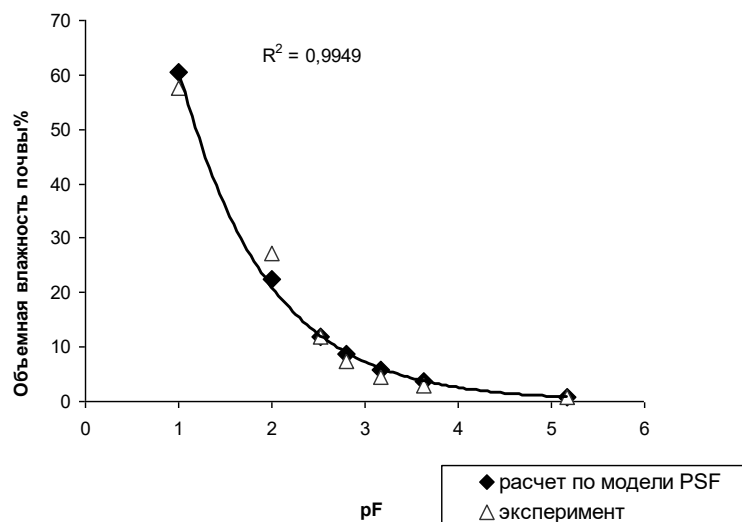
Название почвы	Гранулометрический состав почв	$h_0$ , см. вод. ст.	Плотность сложения, г/см <sup>3</sup>	Объемная влажность почвы $\theta_0$ , %	Общая пористость, %	Объемная влажность полного насыщения $\theta_s$ , %	D	$1/(E-D)$	$h_{min}$ см. в.ст.	pF
Агродерново-подзолистая почва, горизонт PU (0–20 см)	Супесь	330	1,31	33,0	48,1	63,0	2,80	5,0	13,0	1,1
Агродерново-подзол глееватый, горизонт С (100–120 см)	Связный песок	330	1,63	21,8	48,0	78,2	2,75	4,0	2,0	0,3
Агрозем текстурно-дифференцированный окислено-глеевый, горизонт BFg (90–100 см)	Средний суглинок	330	1,45	33,5	42,9	62,2	2,81	5,3	12,7	1,1
Агродерново-подзолистая почва, горизонт 2С (120–130 см)	Связный песок	330	1,54	11,9	39,2	60,4	2,54	2,2	9,6	1,0

Результаты расчета точек ветви десорбции кривой ОГХ с использованием PSF-модели, а также экспериментально измеренные точки образцов почв представлены в таблице 2 и на рисунке 3.

Из сравнения данных в таблице 2 следует, что реальные значения влажности при полном водонасыщении почв всегда ниже расчетных значений (по PSF-модели).

**Таблица 2 – Сопоставление точек ОГХ, рассчитанных с использованием PSF-модели, и экспериментальных данных для ветви десорбции**

Название почвы	Заданные в эксперименте величины рF	Объемная влажность почвы, экспериментальные данные, %	Объемная влажность почвы, расчет по модели PSF %	Критерий Манна-Уитни (сопоставление величин влажности)	
				U	U <sub>крит</sub>
Агродерново-подзолистая почва, горизонт PU (0–20 см)	1,0	56,33	63,44	30,50	13,0
	2,0	43,89	41,92		
	2,5	33,01	33,01		
	2,8	27,64	29,01		
	3,2	24,24	24,39		
	3,6	19,65	19,85		
	5,2	10,48	9,71		
Агродерново-подзол глееватый, горизонт С (100–120 см)	1,0	51,35	52,35	23,0	11,0
	2,0	34,56	29,44		
	2,5	21,82	21,84		
	2,8	15,00	18,58		
	3,2	12,23	14,96		
	3,6	10,27	11,56		
	5,2	6,52	4,73		
Агрозем текстурно-дифференцированный окислено-глеевый горизонт BFg (90–100см)	1,0	54,38	65,09	32,0	13,0
	2,0	40,94	42,02		
	2,5	33,51	33,50		
	2,8	29,39	29,62		
	3,2	25,38	25,12		
	3,6	21,46	20,66		
	5,2	11,60	10,47		
	8,0	1,10	1,99		



**Рисунок 3 – Расчетные и экспериментально измеренные ветви десорбции ОГХ для агродерново-подзолистой супесчаной почвы (горизонт 2С)**

Это объясняется тем, что в нативной почве ненарушенного сложения всегда присутствует воздух, заземленный в порах. Наличие заземленного воздуха не отражается в PSF-модели. При низких значениях влажности почвы такая ситуация не критична.

Рисунок 3 для горизонта 2С агродерново-подзолистой почвы приведен для наглядности. На рисунке видно, что расчетные данные по PSF-модели наиболее приближенно аппроксимируются экспоненциальной зависимостью, которая практически является функциональной, так как критерий Пирсона  $R^2$  приближается к 1. Это означает, что мы не можем рассчитать точку перегиба кривой ОГХ в области водонасыщения. Поэтому для использования PSF-модели к расчетам ветвей ОГХ следует использовать экспериментальное определение величин потенциала влаги в области высоких значений влажности. При убывающих влажностях почвы от полной влагоемкости (или иногда от наименьшей влагоемкости) фрактальная модель PSF позволяет рассчитывать точки ОГХ с высокой степенью сходимости. В таблице 2 приведены значения и критическая величина статистического непараметрического критерия U (Манна-Уитни), нулевая гипотеза, проверяемая критерием, определение принадлежности выборок к одной генеральной совокупности при заданном объеме данных. Среднее значение статистического критерия  $U = 28$ . Критическое значение U-критерия при данном объеме выборок составляет 11 и 13;  $28 > 11$  (13) соответственно. Различия выборок не являются статистически значимыми на уровне вероятности  $p = 0,95$ . Таким образом, расчеты ОГХ при помощи фрактальной PSF-модели подтверждаются экспериментами с почвенными образцами, отобранными из исследуемых почвенных горизонтов.

#### Выводы

Апробирован алгоритм расчета ветви десорбции ОГХ по модифицированной фрактальной PSF-модели. Вычисление точек влажности ОГХ по фрактальной модели при заданной величине потенциала показывает практически полную сходимость результатов вычисления с данными экспериментального определения точек влажности ОГХ методом прессы для горизонтов супесчаных почв. Для области капиллярной влаги ( $pF = 2,5-3,2$ ), на кривой водоудержания, ошибка между вычисленными по PSF-модели и измеренными методом прессы значениями составляет от +0,1 до +3,6 % объемной влажности почв. Для области адсорбционной влаги ( $pF = 5,2$ ), по кривой ОГХ, расчетные величины объемной влажности почв несколько меньше измеренных экспериментально и укладываются в диапазон ошибки вычислений от -0,7 до -1,8 % объемной влажности почв. Таким образом, величина погрешности вычисления величин объемной влажности, не превышает пределов инструментальной ошибки определения объемной влажности почв методом прессы. Исследование статистических различий выборок (сходимость данных) проведено с применением критерия Манна-Уитни (U). Значение критерия  $U = 28$ . Критическое значение U-критерия при заданной численности сравниваемых рядов данных составляет 13. Различия между выборками не являются статистически значимыми с доверительной вероятностью 0,95. Не параметрический критерий Манна-Уитни показывает, что измеренные и вычисленные значения точек ветви десорбции ОГХ принадлежат к одной генеральной совокупности.

Успешным расчетом ОГХ показано, что величина фрактальной размерности структуры почв может быть определена методом исследования характера фильтрации влаги через почвенный образец не нарушенной структуры с последующим расчётом фрактальной размерности структуры почв по зависимости объемного расхода влаги от времени способом линейных систем теории фракталов.

### Литература

1. Richards L. A. Capillary conduction of liquids through porous mediums // *Physics*. 1931. Vol. 1 (5). P. 318–333. DOI:10.1063/1.1745010.
2. Терлеев В. В., Mirschel W., Баденко В. Л., Гусева И. Ю., Гуринов П. Д. Физико-статистическая интерпретация параметров функции водоудерживающей способности почвы // *Агрофизика*. 2012. Вып. 4 (8). С. 1–8.
3. Кащенко Н. М. Фрактальная модель фильтрации в условиях работы дренажа // *Вестник Балтийского федерального университета имени И. Канта*. 2010. № 4. С.158–162.
4. Dian-yuan Ding, Ying Zhao, Hao Feng, Bing-cheng Si, Robert Lee Hill. A user-friendly modified pore-solid fractal model // *Scientific Reports*. 2016. No. 6. DOI: 10.1038/srep39029.
5. Глобус А. М. Почвенно-гидрофизическое обеспечение агроэкологических математических моделей. Л.: Гидрометеоиздат, 1987. 428 с.
6. Терлеев В. В. Математическое моделирование в почвенно-гидрологических и агрохимических исследованиях. Учебное пособие. Выпуск 7 «Математика в политехническом университете». СПб.: изд-во Политехнического ун-та, 2005. 104 с.
7. Терлеев В. В., Топаж А. Г., Моисеев К. Г., Гиневский Р. С., Лазарев В. А. Расчет сканирующих ветвей с использованием данных о главных ветвях гистерезиса водоудерживающей способности на примере песчаных почв // *Агрофизика*. 2017. Вып. 3. С. 34–42.
8. SWRC Fit. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://seki.webmasters.gr.jp/swrc/> (дата обращения 25.10.2017).
9. Simunek J., Wendroth O., Wypler N., van Genuchten M. T. Non-equilibrium water flow characterized by means of upward infiltration experiments // *Europ. J. Soil Sci.* 2001. Vol. 52. P. 13–24.
10. Моделирование процессов засоления и осолонцевания почв. Под ред. Ковды В. А., Сабольча И. М.: Наука, 1980. 262 с.
11. Пачепский Я. А. Математические модели в мелиорируемых почвах. М.: изд-во Московского ун-та, 1992. 65 с.
12. Developments of pedotransfer functions in soil hydrology // *Developments in Soil Science*. Eds. Pachepsky Ya. A., Rawls W. J. Amsterdam: Elsevier, 2004. P. 30.
13. Brooks R. H., Corey A. T. Hydraulic properties of porous media. *Hydrol. Paper 3*. Colorado State Univ., Fort Collins, CO, 1964. 27 p.
14. Kosugi K. Lognormal distribution model for unsaturated soil hydraulic properties // *Water Resour. Res.* 1996. Vol. 32. P. 2697–2703.
15. Van Genuchten M. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils // *Soil Sci. Soc. Am.* 1980. No. 44. P. 892–898.
16. Терлеев В. В., Нарбут М. А., Топаж А. Г., Миршель В. Моделирование гидрофизических свойств почвы как капиллярно-пористого тела и усовершенствование метода Муалема-ван Генухтена: теория // *Агрофизика*. 2014. Вып. 2. С. 35–46.
17. Полуэктов Р. А., Терлеев В. В. Моделирование водоудерживающей способности и дифференциальной влагоемкости почвы. *Метеорология и гидрология*. 2002. № 11. С. 93–100.
18. Шейн Е. В. Теоретические основы гидрологии почв в трудах А.А. Роде и современные подходы к описанию движения и равновесия влаги в почвах // *Бюллетень Почвенного института имени В. В. Докучаева*. 2016. Вып. 83. С. 100–130.
19. Alfaro Soto M. A., Chang H. K., van Genuchten M. Th. Fractal-based models for the unsaturated soil hydraulic functions // *Geoderma*. 2017. No. 306. P. 144–151.
20. Судницин И. И., Шваров А. П., Коренева Е. А. Зависимость влажности почв от полного давления почвенной влаги // *Грунтознание*. 2009. Т.10. № 1–2 (14). С. 38–43.
21. Guber A. K., Pachepsky Ya. A., van Genuchten M. Th., Rawls W. J., Simunek J., Jacques D., Nicholson T. J., Cady R. E. Field-scale water flow simulations using ensembles of pedotransfer functions for soil water retention // *Soil Sci. Soc. Am., Vadose Zone Journal*. 2006. No. 5. P. 234–247.
22. Левковский Е. В., Губер А. К. Расчет дифференциальной пористости на основе свойств твердой фазы почвы // *Вестник оренбургского государственного университета*. 2008. № 4 (85). С. 108–113.
23. Ромм Е. С. Структурные модели порового пространства горных пород. М.: Недра, 1985. 241 с.
24. Friesen W. I., Mikula R. J. Fractal dimensions of coal particles // *J. Colloid and Interface Sci.* 1987. Vol.120. P. 263–271.
25. Гийон Э., Митеску К. Д., Юлен Ж.-П., Ру С. Фракталы и перколяция в пористой среде // *Успехи физических наук*. 1991. Т. 161. Вып. 10. С. 21–128.
26. Rieu M., Sposito G. Fractal fragmentation, soil porosity, and soil water properties: I. Theory // *Soil Science Society of America Journal*. 1991. Vol. 55. P. 1231–1238.
27. Perfect E., Rasiyah V., Kay B. D. Fractal dimensions of soil aggregate-size distributions calculated by number and mass // *Soil Science Society of America Journal*. 1992. Vol. 56. P. 1407–1409.



28. Tyle S. W., Wheatcraft S. W. Fractal processes in soil water retention // *Water Resources Research*. 1990. Vol. 26. P. 1047–1054.
29. Глобус А. М. Фрактальность некоторых физических свойств почв / Физические, химические и климатические факторы продуктивности полей. СПб.: изд-во ПИЯФ РАН, 2007. С. 22–23.
30. Гончаров В. Д. Интерпретация распределения плотности в почвенном агрегате на основе кластерной модели / Физические, химические и климатические факторы продуктивности полей. СПб.: изд-во ПИЯФ РАН, 2007. С. 52–59.
31. Моисеев К. Г. Фракталы: анализ временных рядов в агрофизике // Сборник докладов заседаний Санкт-Петербургского отделения общества почвоведов имени В.В. Докучаева. *International year of soils*. СПб: изд-во ООО «ВВМ», 2015. С. 3–13.
32. Моисеев К. Г., Гончаров В. Д. Модель почвенной структуры в фильтрационных исследованиях // Сборник «XLII Неделя науки СПбГПУ». Материалы Научно-практической конференции с международным участием. Научно-образовательный центр «Возобновляемые виды энергии и установки на их основе». СПбГПУ, 2014. С. 216–219.
33. Моисеев К. Г., Бойцова Л. В., Гончаров В. Д. Анализ динамики гумусного состояния почв фрактальными методами // *Агрофизика*. 2014. Вып. 1 (13). С. 1–8.
34. Perrier E., Bird N. Modelling soil fragmentation: the pore solid fractal approach // *Soil and tillage research*. 2002. No. 64. P. 91–99.
35. Perrier E., Bird N., Rieu M. Generalizing the fractal model of soil structure: The pore-solid fractal approach // *Geoderma*. 1999. No. 88. P. 137–164.
36. Bird N., Perrier E., Rieu M. The water retention function for a model of soil structure with pore and solid fractal distributions // *European Journal of Soil Science*. 2000. No. 51. P. 55–63.
37. Huang G. H., Zhang R. D., Huang Q. Z. Modeling soil water retention curve with a fractal method // *Pedosphere*. 2006. No. 16. P. 137–146.
38. Ghanbarian-Alavijeh B., Liaghat A., Huang G. H., van Genuchten M. T. Estimation of the van Genuchten soil water retention properties from soil textural data // *Pedosphere*. 2010. No. 20. P. 456–465.
39. Ghanbarian B., Hunt A. G., Skinner T. E., Ewing R. P. Saturation dependence of transport in porous media predicted by percolation and effective medium theories. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://www.researchgate.net/publication/276382932\\_Saturation\\_dependence\\_of\\_transport\\_in\\_porous\\_media\\_predicted\\_by\\_percolation\\_and\\_effective\\_medium\\_theories](https://www.researchgate.net/publication/276382932_Saturation_dependence_of_transport_in_porous_media_predicted_by_percolation_and_effective_medium_theories) (дата обращения 05.06.2018).
40. Моисеев К. Г. Определение параметров порового пространства почв при фильтрации влаги // Сборник «Тенденции развития агрофизики: от актуальных проблем земледелия и растениеводства к технологиям будущего». Материалы Международной научной конференции, посвященной 85-летию Агрофизического НИИ. СПб, 2017. С. 797–805.
41. Моисеев К. Г., Терлеев В. В. Моделирование структуры капиллярно-пористой среды и вычисление дифференциальной пористости почв // *Агрофизика*. 2017. Вып. 3. С. 43–56.
42. Шейн Е. В. Скворцова Е. Б., Дембовецкий А. В., Абросимов К. Н., Ильин Л. И., Шнырев Н. А. Распределение пор по размерам в суглинистых почвах: сравнение микротомографического и капилляриметрического методов определения // *Почвоведение*. 2016. № 3. С. 344–354.
43. Тихомиров В. П., Горленко О. А., Измеров М. А. Протекание через фрактальную пористую среду // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2011. Т. 13. № 4 (3). С. 879–883.
44. Моисеев К. Г. Принципы построения численных критериев подобия физических процессов в почве // Сборник «Математическое и программное обеспечение задач управления агроэкосистемами». Ленинград: АФИ, 1990. С. 103–109.
45. Старченко Н. В. Индекс фрактальности и локальный анализ хаотических временных рядов. Дисс. ... канд. физ.-мат. наук. М.: МИФИ, 2005. 74 с.
46. Найдёнов В. И., Кожевникова И. А. Эффект Харста в Геофизике // *Природа*. 2000. № 1. С. 3–11.
47. Моисеев К. Г., Петровский Р. С. К методу расчета дифференциальной пористости почв на основе фрактальных моделей // Сборник докладов конференции «Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия» Курского отделения МОО «Общество почвоведов имени В. В. Докучаева». Курск, 2016. С. 209–212.

## References

1. Richards L.A. Capillary conduction of liquids through porous mediums. *Physics*, 1931. 1 (5). P. 318–333. DOI:10.1063/1.1745010
2. Terleev V. V., Mirschel W., Badenko V. L., Guseva I. Yu., Gurin P. D. Physico-statical interpretation of the parameters of the soil water retention function// *Agrophysika*. 2012. No 4(8). P.1-8
3. Kashchenko N. M. A fractal model of filtration in the work of a drainage. *IKBFU'S Vestnik. Ser. physics, mathematics, and technology*. 2010. No 4. P.158-162.

4. Dian-yuan Ding, Ying Zhao, Hao Feng, Bing-cheng Si & Robert Lee Hill. A user-friendly modified pore-solid fractal model. *Scientific Reports*. 2016. No 6, DOI: 10.1038/srep39029.
5. Globus A. M. Soil and hydrophysical support of agroecological mathematical models. L. *Gidrometeoizdat*. 1987. 428 p.
6. Terleev V. V. Mathematical modeling in soil-hydrological and agrochemical research. - Educational book. Issue 7: Mathematics in Polytechnic University. SPb.: Publisher: Polytechnic University. 2005. 104 p.
7. Terleev V. V., Topazh A. G., Moiseev K. G., Ginevsky R. S. Lazarev V. A. Calculation of scanning branches using data for main branches of hysteretic water-retention capacity on the example of sandy soils. // *Agrophysika*. 2017. No 3. P. 34-42
8. Web site SWRC Fit: <http://seki.webmasters.gr.jp/swrc>. (reference's date 25. 10. 2017)
9. Simunek J., Wendroth O., Wypler N., van Genuchten M.T. (2001). Non-equilibrium water flow characterized by means of upward infiltration experiments // *Europ. J. Soil Sci.* V. 52. P. 13–24
10. Modeling of processes of salinization and solonchization of soils. Ed. by. Kovda V. A., Sabol'ch I., Moscow: Nauka. 1980. 262p.
11. Pachepsky Ya. A. Mathematical modeling in meliorative soils. M.: Publishing house of Moscow University. 1992. 65 p.
12. Developments of pedotransfer Functions in Soil Hydrology // *Developments in Soil Science / Eds. Pachepsky Ya.A., Rawls W.J.* Amsterdam: Elsevier, P. 30
13. Brooks, R.H., and A.T. Corey (1964): Hydraulic properties of porous media. *Hydrol. Paper 3*. Colorado State Univ., Fort Collins, CO, USA.
14. Kosugi, K. Lognormal distribution model for unsaturated soil hydraulic properties. // *Water Resour. Res.* 1996. 32: 2697-2703
15. van Genuchten, M. (1980): A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 44:892-898.
16. Terleev V. V., Narbut M. A., Topaj A. G., Mirshel V. Modeling of hydrophysical properties of soil as a capillary-porous medium and modification of the mualem-van genuchten approach: theory// *Agrophysika*. 2014. 2:35-46
17. Poluektov R. A., Terleev V. V. Modeling of the water retention capacity and differential moisture capacity of soil// *Meteorologiya i gidrologiya*. 2002. No11. P.93-100.
18. Shein E. V. Theoretical basis of soil hydrology in the works a.a. rode and modern approaches to the description of water movement and equilibrium in the soil // *Dokuchaev Soil Bulletin*. 2016. Issue 83. P 11-21.
19. Alfaro Soto M.A., Chang H.K., van Genuchten M.Th. (2017). Fractal-based models for the unsaturated soil hydraulic functions *Geoderma* 306. P. 144–151
20. Sudnitsyn I. I., Shvarov A. P., Koreneva E. A. Dependence of the soil moisture content on total soil moisture pressure // “*Gruntoznavstvo*” (Soil Science). 2009. Vol.10. 1–2(14). P.38-43.
21. Guber A.K., Ya. A. Pachepsky, M. Th. van Genuchten, W. J. Rawls, J. Simunek, D. Jacques, T. J. Nicholson, and R. E. Cady. (2006). Field-Scale Water Flow Simulations Using Ensembles of Pedotransfer Functions for Soil Water Retention. *Soil Sci. Soc. Am. // Vadose Zone Journal*. 5:234–247
22. Levkovsky E. V., Guber A. K. Calculation of differential porosity based on the properties of the solid phase of the soil // *Vestnik of the Orenburg State University*. 2008. 4(85). P.108-113.
23. Romm E. S. Structural models of pore space of rocks. Moscow: Nedra, 1985. 241p.
24. Friesen W.I., Mikula R.J. (1987). Fractal dimensions of coal particles. *J. Colloid and Interface Sci.* v.120. p.263-271.
25. Giion E., Mitesku K. D., Yulen Zh. -P., Ru S. Fractals and percolation in a porous medium// *Physics-Uspekhi (Advances in Physical Sciences)*. 1991.Vol.161 (10). P.21-128.
26. Rieu, M. & Sposito, G. (1991). Fractal fragmentation, soil porosity, and soil water properties: I. Theory. *Soil Science Society of America Journal* 55, 1231–1238
27. Perfect, E., Rasiah, V. & Kay, B. D. (1992). Fractal dimensions of soil aggregate-size distributions calculated by number and mass. *Soil Science Society of America Journal* 56, 1407–1409
28. Tyle S. W. & Wheatcraft, S. W. (1990) Fractal processes in soil water retention. *Water Resources Research* 26, 1047–1054.
29. Globus A. M. Fractality of some physical properties of soils/ Physical, chemical and climatic factors of field productivity. SPb.: Publishing house of Petersburg Nuclear Physics Institute RAS 2007. P.22-43.
30. Goncharov V.D. Interpretation of the density distribution in the soil aggregate based on the cluster model/ Physical, chemical and climatic factors of field productivity. St. Petersburg: Publishing house of Petersburg Nuclear Physics Institute RAS,2007. P.52-59.

31. Moiseev K.G. Fractals: analysis of time series in agrophysics. Collection of reports from meetings of St. Petersburg branch of V.V. Dokuchaev Society of Soil Scientists. International year of soils. St. Petersburg, publishing house: ООО "BBM", 2015. P. 3-13
32. Moiseev K.G., Goncharov V.D. Model of the soil structure in filtration studies. In the collection of scientific works: XLII Week of Science of SPbSPU. Materials of the Scientific and Practical Conference with international participation. Scientific and educational center "Renewable types of energy and installations on their basis". SPbSPU, 2014. P. 216-219.
33. Moiseev K. G., Boitsova L. V., Goncharov V. D. Analyses of soil humus dynamics by fractal methods // Agrophysika, 2014. No 1(13). P.1-8.
34. Perrier, E. & Bird, N. (2002). Modelling soil fragmentation: the pore solid fractal approach. Soil and Tillage Research 64, 91–99
35. Perrier, E., Bird, N. & Rieu, M. (1999). Generalizing the fractal model of soil structure: The pore–solid fractal approach. Geoderma 88, 137–164.
36. Bird, N., Perrier, E. & Rieu, M. (2000). The water retention function for a model of soil structure with pore and solid fractal distributions. European Journal of Soil Science 51, 55–63.
37. Huang, G. H., Zhang, R. D. & Huang, Q. Z. (2006). Modeling soil water retention curve with a fractal method. Pedosphere 16, 137–146
38. Ghanbarian-Alavijeh, B., Liaghat, A., Huang, G. H. & van Genuchten, M. T. (2010). Estimation of the van Genuchten soil water retention properties from soil textural data. Pedosphere 20, 456–465
39. Ghanbarian, B., Hunt, A. G., Skinner, T. E., Ewing, R. P. (2015). Saturation dependence of transport in porous media predicted by percolation and effective medium theories. [Электронный ресурс]//ResearchGate 2016
40. Moiseev K.G. Determination of pore space parameters of soils during moisture filtration. In the collection of scientific works: Trends in the development of agrophysics: from pressing problems of agriculture and crop production to future technologies. Proceedings of the International Scientific Conference dedicated to the 85th anniversary of the Agrophysical Research Institute. 2017. P. 797-805.
41. Moiseev K. G., Terleev V. V. Modelling of capillary-porous medium structure and calculation of differential soil porosity // Agrophysika 2017. No 3. P. 43-56.
42. Shein E. V. Skvortsova E. B., Dembovetsky A. V., Abrosimov K. N., Ilin L. I., Shnyrev N. A. Distribution of pores by size in loamy soils: comparison of microtomographic and capillarimetric methods of determination. // Pochvovedenie. 2016. No 3.P. 344–354
43. Tikhomirov V. P., Gorlenko O. A., Izmerov M. A. Flow through a fractal porous medium// Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2011. Vol.13. 4(3). P. 879-883.
44. Moiseev K. G. Principles for constructing numerical criteria for the similarity of physical processes in soil. V sbornike: Mathematical and software support of agroecosystem management problems. Principles for constructing numerical criteria for the similarity of physical processes in soil. In the collection of scientific works: Mathematical and software support of agroecosystem management problems. / executive editors: A.I. Brezhnev, R.A. Poluektov// Sbornik nauchnykh trudov, AFI, Leningrad. 1990. PP. 103-109
45. Starchenko N. V. The fractal index and local analysis of chaotic time series. Thesis ... Cand. Sc. (Physics and Mathematics). Mjscow: MEPhI. 2005. 74p.
46. Naidenov V. I., Kozhevnikova I. A. The Harst effect in geophysics// Priroda. 2000. No1. P.3-11
47. Moiseev K.G., Petrovsky R.S. To the method of calculating the differential porosity of soils based on fractal models. Collection of scientific reports on the Conference: "Actual problems of soil science, ecology and agriculture" Kursk Branch of the Moscow Society of V.V. Dokuchaev Society of Soil Scientists, Kursk, 2016. P. 209-212.

UDC 632.42: 631.43

Moiseev K.G., Terleev V.V., Kholokhorenko M.V.

#### **APPLICATION OF FRACTAL FRACTION MODEL (PSF) FOR PHYSICAL MODELING OF WATER-RETENTION CAPACITY OF SOIL**

*Summary. The aim of the work is the development of methods for modeling water retention function, approbation of the algorithm for calculating the basic hydrophysical characteristic (BPC) desorption branch according to the modified fractal PSF-model. The possibility of experimental determination of the fractal dimension of the soil structure by studying the process of non-stationary filtration of moisture through the soil was under consideration. The soil water-retention capacity (WRC) describes the feature of the soil to hold the moisture. Various mathematical models are used to approximate the*

*WRC-curve. This curve is necessary in the calculation of irrigation rates. But its use is hampered by a number of shortcomings inherent in the applied mathematical models. Based on the theory of fractal percolation, an attempt was made to physically substantiate the hysteresis of the soil water-retention capacity. The use of the fractal fraction theory in soil hydrophysics led to the development of fractal models for WRC predicting. To apply the fractal model pore-solid-fractal (PSF-model) to the calculating the WRC, it is necessary to know the magnitude of the fractal dimension of the soil structure. A method is proposed for determining the fractal dimension of the porous soil space by studying nonstationary filtration and analyzing the time series of the volume flow of moisture filtration through the soil. Calculating the desorption branches of hysteretic water-retention capacity of sandy-loam was performed. The calculated desorption branches were compared with the experimental data. The study of statistical sampling differences (data convergence) was carried out using the Mann-Whitney (U) criterion. The criterion value is  $u_p = 30$ . The critical value of the U-test for a given number of compared data series is 13. Differences between samples are not statistically significant with a confidence probability of 0.95.*

**Keywords:** soil hydrophysics, physical modeling, water-retention capacity, fractal dimensionality of structure, fractal model.

Моисеев Кирилл Геннадьевич, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, врио заведующего лабораторией Физики и физической химии почв ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт»; 195220, Россия, г. Санкт-Петербург, Гражданский пр., 14; e-mail: kir\_moiseev@mail.ru.

Терлеев Виталий Викторович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры «Водохозяйственное и гидротехническое строительство», ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»; 195251, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29; e-mail: Vitaly\_Terlev@mail.ru.

Холохоренко Максим Витальевич, студент, ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», 195251, Россия, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29; e-mail: maxis29rus@mail.ru.

Moiseev Kirill Gennadievich, Cand. Sc. (Agr.), leading researcher, acting head of the Laboratory "Physics and physical chemistry of soils", Agrophysical Research Institute; 14 Grazhdanskiy av., Saint-Petersburg, 195220; e-mail: kir\_moiseev@mail.ru

Terleev Vitaly Victorovich, Dr.Sc. (Agr.), professor., professor of the Department of Water-and Hydroengineering Construction, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University; 29 Polytechnicheskaya Str., Saint Petersburg, 195251, Russian Federation; e-mail: Vitaly\_Terlev@mail.ru

Kholokhorenko Maksim Vitalievich, student, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University; 29 Polytechnicheskaya Str., Saint Petersburg, 195251, Russian Federation; e-mail: maxis29rus@mail.ru

*Дата поступления в редакцию – 10.04.2018.*

*Дата принятия к печати – 01.06.2018.*



DOI 10.25637/TVAN.2018.02.08.

УДК 635.714: 631.527

Мягких Е. Ф., Марченко М. П., Новиков И. А.

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ГИБРИДОВ *ORIGANUM VULGARE* L. ПО КОМПЛЕКСУ ПРИЗНАКОВ

ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»

**Реферат.** Цель работы – выделение наиболее продуктивных гибридов душицы обыкновенной для создания сорта, содержащего карвакрол в эфирном масле. Исследования проводили в 2014–2016 гг. на селекционном участке ФГБУН «НИИСХ Крыма» (с. Крымская роза Белогорского района). Изучено 12 гибридных образцов *Origanum vulgare* L. Гибридный питомник заложен осенью 2013 г. по схеме 0,3×0,6 м, образцы размножены методом деления куста. Исследования проводили в фазу массового цветения растений. Учет, анализы и наблюдения выполнены по требованиям методических указаний по селекции эфиромасличных культур и основным положениям «Методики государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур». Изучали высоту, диаметр и мощность куста, урожайность зеленой массы, содержание и компонентный состав эфирного масла. Массовую долю эфирного масла определяли методом гидродистилляции по Гинзбергу в процентах от сырой и абсолютно сухой массы сырья. Анализ компонентов эфирных масел проводили методом газо-жидкостной хроматографии на хроматографе Кристалл 5000.2. Для фенологических наблюдений использовали методику И.Н. Бейдеман с изменениями и дополнениями применительно к культуре. В результате исследований гибридного материала душицы обыкновенной показана его вариабельность по морфо-биологическим и хозяйственно ценным признакам. Выявлено, что по срокам наступления фазы технической спелости гибридные образцы *O. vulgare* делятся на средне- и позднеспелые. Установлено, что наиболее продуктивными являются: по массовой доле эфирного масла – образец *O. vulgare* г163 ( $1,80 \pm 0,0$  % от абсолютно сухой массы), по урожайности зеленой массы – г26 ( $203,3 \pm 24,9$  ц/га), по сбору эфирного масла – г163 ( $120,4$  кг/га), по содержанию карвакрола в эфирном масле – г31 (до 52,3 %). Выделено два перспективных образца (г31 и г163) с высоким сбором эфирного масла ( $71,7$ – $120,4$  кг/га), содержащего 33,4–52,3 % карвакрола.

**Ключевые слова:** душица обыкновенная *Origanum vulgare* L., сорт, гибрид, эфирное масло, карвакрол.

### Введение

Душица обыкновенная (*Origanum vulgare* L.) благодаря наличию эфирного масла, алкалоидов, фитонцидов, микроэлементов и других полезных веществ является ценным лекарственным растением и входит в фармакопеи многих стран. Она широко применяется в парфюмерно-косметической, пищевой и фармацевтической промышленности, где используется не только надземная часть растения, но и его эфирное масло [1–4].

В настоящее время в России наблюдается увеличение спроса на качественное эфиромасличное и лекарственное сырье, основная часть которого поступает из других стран – Франции, Италии, Греции [5].

Политика импортозамещения Российской Федерации ставит перед учеными задачу максимально обеспечить различные отрасли промышленности эфиромасличными растениями с рядом заданных хозяйственно ценных признаков.



Из 17 сортов душицы обыкновенной, внесенных в «Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию» Российской Федерации [6] нет ни одного с высокой массовой долей эфирного масла и содержанием в нем более 5 % карвакрола – природного компонента, обладающего высокой антибиотической и антиоксидантной активностью и представляющего большой интерес для ветеринарии и медицины как в нашей стране, так и за рубежом [1–3]. Поэтому в ФГБУН «НИИСХ Крыма» ведется селекционная работа, направленная на создание высокопродуктивных эфиромасличных сортов душицы, способных обеспечить фармакологическую и парфюмерно-косметическую промышленность качественным экологически безопасным сырьем и полностью заменить импортную продукцию.

**Цель работы** – выделение наиболее продуктивных гибридов душицы обыкновенной для создания сорта, содержащего карвакрол в эфирном масле.

#### **Материалы и методы исследования**

Полевые исследования проводили в 2014–2016 гг. на селекционном участке ФГБУН «НИИСХ Крыма» (с. Крымская роза Белогорского района), расположенном в Предгорной зоне Крыма, для которой характерен умеренно-континентальный климат. В период проведения исследований отмечено варьирование температуры воздуха и количества осадков по сравнению со средними многолетними показателями, особенно в летний период. Такое разнообразие погодных условий в годы проведения исследований является типичным для Предгорной зоны Крыма. Почвенный покров селекционного участка представлен преимущественно черноземами предгорными карбонатными на элювии, делювии плотных карбонатных пород [7].

Изучено 12 гибридных образцов *Origanum vulgare* L., которые получены в 2012 г. в результате гибридизации низкомасличных высокоурожайных бескарвакрольных и высокомасличных низкоурожайных карвакрольных образцов *O. vulgare* [8]. Гибридные образцы размножены методом деления куста. Гибридный питомник заложен осенью 2013 г. по схеме 0,3×0,6 м. Исследования проводили в фазу массового цветения растений. Учет, анализы и наблюдения выполнены в соответствии с требованиями методических указаний по селекции эфиромасличных культур, а также основным положениям «Методики государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур» [9, 10]. Урожайность зеленой массы растений определяли методом взвешивания надземной части растения, срезанного на высоте 7–8 см от поверхности почвы. Массовую долю эфирного масла определяли методом гидродистилляции по Гинзбергу в процентах от сырой и абсолютно сухой массы сырья [11]. Анализ основных компонентов эфирных масел проводили методом газо-жидкостной хроматографии на хроматографе Кристалл 5000.2 при следующих технических условиях: газ-носитель – азот; тип детектора – пламенно-ионизационный; колонка CR-WAXms размером 30 м × 0,32 мм; толщина слоя неподвижной фазы – 0,5 мкм.; температура детектора – 250 °С; температура испарителя – 250 °С; расход газа-носителя – 1,8 мл/мин; программирование температуры: начальная температура колонки – 75 °С с выдержкой в одну минуту; скорость нагрева – 4 °С/мин; максимальная температура колонки – 220 °С с выдержкой три минуты; длительность анализа – 35 минут; деление потока 1:40. Фенологические наблюдения проводили по методике И. Н. Бейдеман с некоторыми изменениями и дополнениями применительно к культуре [12]. Для математического анализа данных использовали методики Г. Ф. Лакина и Б. А. Доспехова, обработку проводили в программе Microsoft Excel [13, 14].

### Результаты и их обсуждение

В результате проведенных фенологических наблюдений установлено, что изменчивость продолжительности вегетационного периода от отрастания до наступления фазы технической спелости у различных образцов душицы обыкновенной находилась в пределах от 98 до 118 дней. Ранее установлено, что для растений *O. vulgare*, произрастающих в Предгорной зоне Крыма, характерно наличие четырех групп спелости: сверхсоро-, скоро-, средне- и позднеспелые [8]. В связи с этим исследованные гибридные образцы по срокам сбора сырья можно отнести к двум классам:

- 1) среднеспелые (16–23 июля) – пять образцов (41,7 %);
- 2) позднеспелые (24–31 июля) – семь образцов (58,3 %).

Анализа показателей продуктивности гибридов показал, что растения первого, второго и третьего годов вегетации различались по высоте и диаметру куста. Диапазон изменчивости высоты изученных растений находился в пределах 37–70 см (таблица 1).

**Таблица 1 – Высота и диаметр куста гибридов *Origanum vulgare* L.**

№ образца	Высота куста, см				Диаметр куста, см			
	2014 г.	2015 г.	2016 г.	Среднее за 2015–2016 гг.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	Среднее за 2015–2016 гг.
г11	42,8 ± 1,8	68,8 ± 1,1	60,7 ± 5,5	64,7 ± 3,3	45,6 ± 4,1	69,9 ± 2,1	67,5 ± 8,9	68,5 ± 5,5
г26	47,0 ± 2,4	68,3 ± 1,6	67,0 ± 6,0	67,6 ± 3,8	42,0 ± 4,1	75,5 ± 1,7	40,3 ± 0,9	82,0 ± 4,0
г31	49,4 ± 1,2	69,1 ± 3,6	62,5 ± 4,7	65,8 ± 4,1	52,4 ± 2,1	86,1 ± 5,3	88,5 ± 6,4	81,4 ± 7,0
г38	42,4 ± 2,8	63,0 ± 3,9	68,6 ± 4,9	65,8 ± 4,5	37,0 ± 4,2	59,2 ± 2,7	76,7 ± 8,6	70,0 ± 4,9
г48	47,3 ± 1,4	69,6 ± 1,9	53,1 ± 2,2	61,4 ± 2,1	48,4 ± 2,4	76,4 ± 2,6	80,8 ± 7,2	68,2 ± 2,5
г93	43,5 ± 1,7	62,0 ± 1,1	47,2 ± 1,0	54,6 ± 1,1	47,8 ± 1,9	79,7 ± 3,6	60,0 ± 2,5	78,0 ± 5,3
г104	46,0 ± 2,5	49,7 ± 2,6	52,7 ± 1,4	51,2 ± 2,0	44,3 ± 4,3	85,3 ± 6,7	76,3 ± 7,1	74,8 ± 6,3
г106	37,0 ± 5,0	51,5 ± 4,5	53,5 ± 1,5	52,5 ± 3,0	40,0 ± 10,0	101,0 ± 1,0	64,3 ± 5,8	88,3 ± 7,8
г107	46,5 ± 0,5	53,5 ± 2,5	65,0 ± 0,0	59,3 ± 1,3	45,0 ± 3,0	57,5 ± 2,5	75,5 ± 14,5	73,5 ± 2,5
г147	44,5 ± 1,6	54,8 ± 2,8	46,0 ± 1,1	50,4 ± 1,9	52,8 ± 3,8	78,2 ± 10,2	89,5 ± 2,5	69,2 ± 5,9
г160	45,8 ± 1,3	58,3 ± 4,4	43,3 ± 4,3	50,8 ± 4,3	51,4 ± 2,7	77,7 ± 15,5	60,3 ± 1,7	59,0 ± 8,2
г163	40,7 ± 1,4	54,0 ± 2,6	42,0 ± 5,0	48,0 ± 3,8	40,9 ± 3,9	67,6 ± 7,1	67,5 ± 27,5	67,6 ± 17,3

Диапазон изменчивости диаметра куста также существенно изменялся по годам: гибридные образцы г26, г31, г106 характеризовались наибольшим диаметром растений: от 81,4 ± 7,0 до 88,3 ± 7,8 см (см. таблицу 1).

Средняя масса куста гибридов в первый год вегетации варьировала от 0,05 до 0,13 кг, во второй-третий год – от 0,18 до 0,54 кг и от 0,10 до 0,38 кг соответственно (таблица 2). Средняя урожайность гибридных образцов в 2015–2016 гг. составила соответственно 70,0 ± 11,6 – 203,1 ± 24,9 ц/га (см. таблицу 2).

Важный для эфиромасличных растений показатель продуктивности – массовая доля эфирного масла (МДЭМ) – характеризовался существенным диапазоном варьирования. Размах изменчивости данного параметра в 2014–2016 гг. составил 0,28–0,95 % от сырой массы или 0,71–2,23 % от абсолютно сухой массы. Наиболее масличным был образец г163 – 0,75–0,95 % от сырой и 1,77–2,23 % от абсолютно сухой массы (таблица 3).

Анализ компонентного состава эфирного масла показал, что диапазон изменчивости гибридов по содержанию наиболее ценного компонента – карвакрола – составил от 15,6 до 52,3 %. Наиболее карвакрольными были образцы г93 и г31: 50,7 и 52,3 % карвакрола в эфирном масле соответственно (см. таблицу 3).

Таблица 2 – Масса куста и урожайность гибридов *Origanum vulgare* L.

№ образца	Масса куста, кг				Урожайность, ц/га			
	2014 г.	2015 г.	2016 г.	Среднее за 2015–2016гг.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	Среднее за 2015–2016гг.
г11	0,08 ± 0,02	0,43 ± 0,05	0,25 ± 0,02	0,34 ± 0,04	38,13 ± 11,18	213,1 ± 23,3	126,4 ± 11,9	169,8 ± 17,6
г26	0,10 ± 0,03	0,52 ± 0,05	0,29 ± 0,05	0,41 ± 0,05	48,75 ± 12,97	260,0 ± 24,5	146,3 ± 25,4	203,1 ± 24,9
г31	0,13 ± 0,01	0,54 ± 0,06	0,24 ± 0,03	0,39 ± 0,04	66,43 ± 7,13	267,9 ± 28,2	120,0 ± 16,3	193,9 ± 22,2
г38	0,08 ± 0,01	0,26 ± 0,02	0,29 ± 0,02	0,27 ± 0,02	40,00 ± 4,63	130,0 ± 8,9	143,0 ± 11,3	136,5 ± 10,1
г48	0,10 ± 0,01	0,30 ± 0,03	0,16 ± 0,01	0,23 ± 0,02	50,63 ± 3,95	150,0 ± 15,0	78,8 ± 5,2	114,4 ± 10,1
г93	0,05 ± 0,01	0,51 ± 0,02	0,30 ± 0,02	0,40 ± 0,02	26,67 ± 5,43	253,3 ± 12,3	150,0 ± 12,2	201,7 ± 33,8
г104	0,05 ± 0,03	0,53 ± 0,13	0,26 ± 0,08	0,40 ± 0,11	27,00 ± 12,74	266,7 ± 66,7	128,3 ± 41,5	197,5 ± 12,2
г106	0,05 ± 0,02	0,37 ± 0,03	0,31 ± 0,13	0,34 ± 0,08	22,50 ± 7,50	185,0 ± 15,0	155,0 ± 65,0	170,0 ± 54,1
г107	0,06 ± 0,01	0,41 ± 0,09	0,38 ± 0,05	0,39 ± 0,07	30,00 ± 3,03	205,0 ± 45,0	187,5 ± 22,5	196,3 ± 25,5
г147	0,05 ± 0,01	0,39 ± 0,08	0,19 ± 0,02	0,29 ± 0,05	25,83 ± 5,07	197,0 ± 42,2	96,3 ± 8,8	146,6 ± 40,0
г160	0,05 ± 0,01	0,18 ± 0,03	0,10 ± 0,01	0,14 ± 0,02	27,00 ± 6,24	88,3 ± 15,9	51,7 ± 7,3	70,0 ± 11,6
г163	0,05 ± 0,01	0,31 ± 0,05	0,25 ± 0,05	0,28 ± 0,05	24,50 ± 3,03	152,5 ± 22,9	125,0 ± 25,0	138,8 ± 24,0

Таблица 3 – Массовая доля эфирного масла и содержание карвакрола в эфирном масле гибридов *Origanum vulgare* L.

№ образца	Массовая доля эфирного масла, % от								Содержание карвакрола, % (2016 г.)
	с. м.		а. с. м.		с. м.		а. с. м.		
	2014 г.		2015 г.		2016 г.		среднее за 2015–2016 гг.		
г11	0,60	1,63	0,41	0,99	0,39	0,89	0,40	0,41	37,7
г26	0,35	0,95	0,38	0,92	0,28	0,79	0,33	0,38	15,6
г31	0,50	1,36	0,31	0,85	0,35	0,89	0,33	0,31	52,3
г38	0,55	1,50	0,38	0,94	0,41	1,04	0,39	0,38	34,8
г48	0,55	1,50	0,36	0,99	0,35	0,89	0,35	0,36	36,1
г93	0,44	1,19	0,35	0,88	0,36	1,07	0,36	0,35	50,7
г104	0,55	1,50	0,50	1,19	0,55	1,525	0,53	0,50	20,4
г106	0,50	1,36	0,50	1,19	0,40	1,02	0,45	0,50	23,6
г107	0,70	1,90	0,38	0,71	0,60	1,35	0,49	0,38	32,7
г147	0,70	1,65	0,30	0,72	анализ не проведен				
г160	0,78	1,82	0,55	1,60		0,81	0,48	0,55	22,9
г163	0,95	2,23	0,75	1,77	0,80	1,84	0,78	0,75	33,4

Примечание. с.м. – сырая масса; а.с.м. – абсолютно сухая масса.

Одним из основных хозяйственно ценных показателей является потенциальный сбор эфирного масла. Размах изменчивости по этому признаку составил 12,6–37,2 кг/га в первый год вегетации, 54,4–149,3 кг/га во второй и 23,15–126,0 кг/га в третий год вегетации. В среднем по образцам *O. vulgare* за последние два года исследований он варьировал от 37,2 до 120,4 кг/га. Наибольшим потенциальным сбором эфирного масла характеризовался образец г163 (120,4 кг/га) (таблица 4).

Таблица 4 – Сбор эфирного масла гибридов *Origanum vulgare* L.

№ образца	Сбор эфирного масла, г/растения				Сбор эфирного масла, кг/га			
	2014 г.	2015 г.	2016 г.	среднее	2014 г.	2015 г.	2016 г.	среднее
г11	0,46	1,74	0,98	1,35	25,62	97,47	54,94	75,71
г26	0,34	1,95	0,82	1,33	19,11	109,20	45,86	74,51
г31	0,66	1,66	0,84	1,28	37,20	93,00	47,04	71,68
г38	0,44	0,98	1,18	1,08	24,64	54,60	66,15	60,23
г48	0,56	1,08	0,55	0,81	31,19	60,38	30,87	45,44
г93	0,23	1,77	1,08	1,43	13,08	99,31	60,48	80,18
г104	0,30	2,67	1,41	2,07	16,63	149,33	79,05	116,13
г106	0,23	1,85	1,24	1,53	12,60	103,60	69,44	85,68
г107	0,42	1,54	2,25	1,91	23,52	86,10	126,00	107,15
г147	0,36	1,18	-	-	20,25	66,19	-	-
г160	0,42	0,97	0,41	0,67	23,44	54,41	23,15	37,24
г163	0,47	2,29	2,00	2,15	26,07	128,10	112,00	120,44

Таким образом, по комплексу хозяйственно ценных признаков выделены ценные для селекции наиболее продуктивные гибридные образцы: г31 со средним (71,7 кг/га) сбором эфирного масла и высоким (до 52,3 %) содержанием карвакрола и г163 с высоким сбором эфирного масла (до 120,4 кг/га) и средним (33,4 %) содержанием карвакрола в эфирном масле (таблица 5).

**Таблица 5 – Показатели продуктивности наиболее перспективных гибридов *Origanum vulgare* L. (2015–2016 гг.)**

№ образца	Масса куста, кг	Урожайность зелёной массы, ц/га	МДЭМ, % от		Сбор эфирного масла, кг/га	Содержание карвакрола в эфирном масле, %
			сырой массы	абсолютно сухой массы		
г31	0,39 ± 0,04	193,9 ± 22,2	0,33 ± 0,03	0,87 ± 0,09	71,68	52,3
г163	0,28 ± 0,05	138,8 ± 23,9	0,78 ± 0,00	1,80 ± 0,00	120,44	33,4

### Выводы

В результате комплексного изучения гибридного материала душицы обыкновенной показана его вариабельность по морфо-биологическим и хозяйственно ценными признаками.

Установлено, что по срокам наступления фазы технической спелости гибридные образцы *O. vulgare* делятся на средне- и позднеспелые.

Определены наиболее продуктивные образцы: по массовой доле эфирного масла – образец *O. vulgare* г163 (1,80 ± 0 % от абсолютно сухой массы), по урожайности зелёной массы – г26 (203,3 ± 24,9 ц/га), по сбору эфирного масла – г163 (120,4 кг/га), по содержанию карвакрола в эфирном масле – г31 (до 52,3 %).

Выделено два перспективных образца, которые дают высокий сбор эфирного масла (71,7–120,4 кг/га) с содержанием карвакрола 33,4–52,3 %.

### Литература

1. Pezzani R., Vitalini S., Iriti M. Bioactivities of *Origanum vulgare* L.: an update / *Phytochemistry Reviews*. 2017. Vol. 16. Issue 6. P. 1253–1268. DOI 10.1007/s11101-017-9535-z.
2. Jnaid Y., Yacoub R., Al-Biski F. antioxidant and antimicrobial activities of *Origanum vulgare* essential oil // *International Food Research Journal*. 2016. Vol. 23. No. 4. P. 1706–1710.
3. Паштецкий В. С., Невкрытая Н. В. Использование эфирных масел в медицине, ароматерапии, ветеринарии и растениеводстве (обзор) // *Таврический вестник аграрной науки*. 2018. № 1 (13). С. 16–38. DOI 10.25637/TVAN2018.01.02.
4. Хазиева Ф. М., Осипов В. И., Коротких И. Н. Исследование внутривидовой изменчивости эфирного масла у душицы обыкновенной (*Origanum vulgare* L.) // *Химия растительного сырья*. 2016. № 4. С. 97–105.
5. Данные таможенной статистики. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://stat.customs.ru/apex/f?p=201:7:3790776612628454::NO> (дата обращения 14.06.2018).
6. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т. 1. «Сорта растений» (официальное издание). М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2018. 504 с.
7. Савчук Л. П. Климат Предгорья Крыма и эфирносы. Симферополь, 2006. 76 с.
8. Мягих Е. Ф. Морфо-биологические особенности и хозяйственно ценные признаки *Origanum vulgare* L. в Предгорной зоне Крыма в связи с задачами селекции. Дисс. ... канд. биол. наук. Краснодар, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина», 2015. 221 с.
9. Селекция эфиромасличных культур (методические указания). Под ред. А. И. Аринштейн. Симферополь, 1977. С. 66–86.
10. Методика проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность. Душица обыкновенная (*Origanum vulgare* L.) RTG/1035/1 от 12.03.2003 г. № 12-06/75. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/URL> (дата обращения 14.06.2018).

11. Государственная фармакопея. 13-е изд., ОФС.1.5.3.0010.15 «Определение содержания эфирных масел в лекарственном растительном сырье и лекарственных препаратах» (Действующий). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://pharmacopoeia.ru/gosudarstvennaya-farmakopeya-xiii-online-gf-13-online/> (дата обращения 12.06.2018.).
12. Бейдеман И. Н. Методика изучения фенологии растений и растительных сообществ. М.: Наука, 1974. 280 с.
13. Лакин Г. Ф. Биометрия. М.: Высшая школа, 1980. 293 с.
14. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): учебник для вузов. Издание 6-е. М.: Альянс, 2011. 350 с.

### References

1. Pezzani R., Vitalini S., Iriti M. Bioactivities of *Origanum vulgare* L.: an update // *Phytochemistry Reviews*. 2017. Vol. 16. Issue 6. P. 1253–1268. DOI 10.1007/s11101-017-9535-z.
2. Jnaid Y., Yacoub R., Al-Biski F. antioxidant and antimicrobial activities of *Origanum vulgare* essential oil // *International Food Research Journal*. 2016. Vol. 23. No. 4. P. 1706–1710.
3. Pashtetskiy V. S., Nevkrytaya N. V. Use of essential oils in medicine, aromatherapy, veterinary and crop production (review) // *Taurida herald of the agrarian sciences*. 2018. No. 1 (13). P. 16–38. DOI 10.25637/TVAN2018.01.02.
4. Khazieva F. M., Osipov V. I., Korotkikh I. N. The study of intraspecific variation of oregano (*Origanum vulgare* L.) essential oil // *Khimija rastitel'nogo syr'ja* (Chemistry of plant raw material). 2016. No. 4. P. 97–105.
5. The customs statistics. [Electronic resource]. Access point: <http://stat.customs.ru/apex/f?p=201:7:3790776612628454:NO> (reference's date 14.06.2018).
6. State Registry of Selection Achievements Accepted for Usage. Vol.1. "Plants varieties" (official issue). Moscow: FSBSI "Rosinfobrmagrotekh", 2016. 504 p.
7. Savchuk L. P. Climate of the foothill areas of the Crimea and essential oil crops. Simferopol, 2006. 76 p.
8. Myagkikh E. F. Morphological and biological features and economically valuable traits of *Origanum vulgare* L. in the foothill zone of the Crimea according to the tasks of selection: Thesis ... Cand. Sc. (Biol.). Krasnodar: Kuban State Agrarian University, 2015. 221 p.
9. Essential oils crops breeding: methodological guidelines. Ed. by A. I. Arinshteyn. Simferopol, 1977. P. 66–86.
10. Methodology of test procedure for distinctness, uniformity and stability. Oregano (*Origanum vulgare* L.). RTG/1035/1 от 12.03.2003 г. № 12-06/75. [Electronic resource]. Access point: <https://ru.wikipedia.org/wiki/URL> (reference's date 14.06.2018).
11. Russia State Pharmacopoeia 13, GMP 1.5.3.0010.15 "Determination of the content of essential oil in medicinal plant raw materials and herbal preparations" (Current). [Electronic resource]. Access point: <http://pharmacopoeia.ru/gosudarstvennaya-farmakopeya-xiii-online-gf-13-online/> reference's date 12.06.2018).
12. Beydeman I. N. Methodology for studying the phenology of plants and plant communities. Moscow: Nauka, 1974. 280 p.
13. Lakin G. F. Biometrics. Moscow: Higher school, 1980. 293 p.
14. Dospikhov B. A. Methods of field research (with the basics of statistical processing of research results) higher educational institution textbook. 6th ed. Moscow: Alyans, 2011. 350 p.

UDC 635.714: 631.527

Myagkih E. F., Marchenko M. P., Novikov I. A.

### COMPARATIVE ANALYSIS OF *ORIGANUM VULGARE* L. HYBRIDES ACCORDING TO THE COMPLEX OF CHARACTERISTICS

**Summary.** *The aim of the work is to identify the most productive hybrids of oregano (*Origanum vulgare* L.) to create a variety containing carvacrol in essential oil. Studies were conducted in 2014–2017 on the test plot of FSBSI "Research Institute of Agriculture of Crimea" in the village of Krymskaya Roza, Belogorsky district. 12 hybrid samples of *Origanum vulgare* L. were studied. The hybrid nursery plot was laid in autumn 2013 according to the scheme 0.3 × 0.6 m; samples were propagated by the method of bush dividing. Studies were conducted during the phase of mass flowering. Accounting, analyses and observations were carried out according to the requirements of the methodological*



*guidelines on “Selection of essential oil crops” and the main aspects of the “Methodology of test procedures for distinctness, uniformity and stability. Oregano (Origanum vulgare L.)” height, diameter and thickness of the bush, yield of green mass, content and component composition of essential oil have been studied. Mass fraction of essential oil was determined by Ginzberg hydrodistillation methodology (percentage of raw and absolutely dry mass of raw materials). Analysis of the components of essential oils was carried out by gas-liquid chromatography using Crystal 5000.2 chromatograph. For phenological observation method of I.N. Beydeman was used with changes and additions applied to crop. As a result, the variability of the hybrid material of oregano according to morphological and biological features and economically valuable traits was shown. It was revealed that according to the terms of the technical ripeness phase, the hybrid samples of O. vulgare are divided into medium- and late-ripening samples. It has been identified that the most productive samples are: O. vulgare g163 ( $1.80 \pm 0.0$  % of absolutely dry mass) in terms of green mass yield – g26 ( $203.3 \pm 24.9$  cwt/ha), according to the collection of essential oil – g163 (120.4 kg/ha), according to the content of carvacrol in essential oil – g31 (up to 52.3 %). Two promising samples (g31 and g163) with a high content of essential oil (71.7–120.4 kg/ha) containing 33.4–52.3 % of carvacrol were identified by the complex of characteristics.*

**Keywords:** oregano, *Origanum vulgare L.*, variety, hybrid, essential oil, carvacrol.

Мягких Елена Федоровна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции отдела эфиромасличных и лекарственных культур ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма», 295493, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: [origanum.science@mail.ru](mailto:origanum.science@mail.ru).

Марченко Марина Прокофьевна, научный сотрудник лаборатории биохимических исследований отдела эфиромасличных и лекарственных культур ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма», 295493, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150.

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

Myagkih Elena Fedorovna, Cand. Sc. (Biol.), senior researcher of Laboratory of selection of Department of aromatic and medicinal crops, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”, 150 Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295493, Russia; e-mail: [origanum.science@mail.ru](mailto:origanum.science@mail.ru).

Marchenko Marina Prokofevna, researcher of Laboratory of biochemical researches, Department of aromatic and medicinal crops, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”, 150 Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295493, Russia.

Novikov Ilya Aleksandrovich, junior researcher of Laboratory of biochemical researches, Department of aromatic and medicinal crops, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”, 150 Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295493, Russia; e-mail: [i.nowikow2012@yandex.ua](mailto:i.nowikow2012@yandex.ua).

*Дата поступления в редакцию – 20.06.2018.*

*Дата принятия к печати – 25.06.2018.*

DOI 10.25637/TVAN.2018.02.09.

УДК 633.85:631:526

Прахова Т. Я., Прахов В. А.

## ИНТРОДУКЦИЯ КУЛЬТУРЫ *GUIZOTIA ABYSSINICA* CASS В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕВОЛЖСКОГО РЕГИОНА

ФГБНУ «Пензенский научно-исследовательский институт сельского хозяйства»

**Реферат.** Гвизоция абиссинская – новая культура для России, обладающая рядом ценных признаков. Цель исследований – испытание гвизоции абиссинской (*Guizotia abyssinica* Cass) в контрастных климатических условиях Среднего Поволжья. В статье изложены результаты полевого опыта по выращиванию гвизоции абиссинской в 2015–2017 гг. в условиях Пензенской области. Гвизоция устойчива к засухе и повышенным температурам, отзывчива на дополнительное увлажнение. Метеорологические условия периода вегетации гвизоции были благоприятными для роста и развития культуры с умеренным увлажнением – ГТК – 1,05 при среднесуточных температурах – 19,6–21,3 °С. Вегетационный период культуры – 111–125 дней. В среднем за 2015–2017 гг. урожайность культуры составляла 1,64 т/га. Содержание жира в семенах гвизоции варьировало в пределах 39,6–41,6 %. Семена гвизоции достаточно крупные, масса тысячи семян – 3,12–3,62 г. Анализ структуры урожая показал, что продуктивность одного растения находилась в пределах 3,96–16,49 г (коэффициент вариации – 33,5 %). Основной компонент жирнокислотного состава масла гвизоции абиссинской – полиненасыщенная жирная кислота – линолевая, содержание которой достигает 79,17 %. Содержание олеиновой и линоленовой кислот низкое и составляет 5,26 и 1,21 % соответственно. Эруковая кислота в семенах отсутствует. Новая интродуцируемая культура гвизоция может найти широкое применение не только в условиях Среднего Поволжья, но и в других регионах России. Включение гвизоции абиссинской в состав полевых культур позволит расширить возможности чередования культур различной природы и расширить масличный и сырьевой конвейеры.

**Ключевые слова:** *Guizotia abyssinica* Cass – гвизоция абиссинская, урожайность, масличность, жирно-кислотный состав.

### Введение

Н. И. Вавилов писал: «Сохранение и рациональное использование генетических ресурсов культурных растений и их диких сородичей приводит к биоразнообразию растительных ресурсов и селекционно-важных генов, имеющих у сортов народной и научной селекции, в популяциях диких и сорных видов» [1].

Изыскание в различных странах новых видов интересных растений, выделение наиболее ценных форм для внедрения в культуру необходимо для устойчивого развития экологически безопасного сельского хозяйства [2].

Современная рационализация использования природных ресурсов предполагает расширение спектра масличных культур и интродукцию новых перспективных растений. Одна из таких культур – гвизоция абиссинская (Нуг) *Guizotia abyssinica* Cass (Asteraceae) [3].

Много лет в южных странах Азии и Африки выращивали местное масличное растение, даже не зная его названия. В Индии и Непале население использовало масло рантилы (как они его называли) в пищу и в технических целях. Позже ботаники дали название этому растению – гвизоция абиссинская. Растение названо в честь Франсуа Гизо [4].

Постепенно культура гвизоции распространилась почти на всю Восточную Африку, а после колонизации европейцами «черного континента» появилась в Германии и других странах. Сейчас ее выращивают в Индии, в юго-западных районах Украины, Краснодарском крае России; она проходит экологическое испытание разных регионах России [5–7].

В Россию гвизоция попала в первой половине прошлого века. Вавилов Н. И., находясь в 1926–1927 гг. в командировке по странам Средиземноморья, находит неизвестные мировой науке виды культурных растений Абиссинии, в том числе оригинальное новое масличное растение гвизоции с черными семенами [8].

Гвизоция – однолетнее растение высотой от тридцати сантиметров до двух метров. Стебель его разветвлен, имеет простые ланцетные или овально-ланцетные листья. Соцветия – корзинки (диаметром от 2,2 до 6 см) собранные в рыхлые метелки. Цветки желтого цвета. Семянки блестящие, клиновидные, черного цвета (рисунок 1) [9].



**Рисунок 1 – Семена и цветок гвизоции, выращенной в условиях Пензенского НИИСХ**

Семена гвизоции содержат до 43 %, приятного на вкус ароматного масла, которое используют в пищу и для технических целей. Жмых используют на корм скоту, семена – на корм птицам в зоопарках. Гвизоция – хороший медонос. Кроме этого, ее семена содержат много йода [2, 10, 11].

Испытания данной культуры в засушливых условиях Волгоградской области показали, что гвизоция устойчива к засухе и повышенным температурам, а также отзывчива на дополнительное увлажнение. Урожайность ее варьировала от 68 до 250 г/м<sup>2</sup>. По результатам экологического испытания в Волгограде гвизоция анонсировалась альтернативной подсолнечнику культурой, как по содержанию масла, так и по его качественному составу [5, 9]. Гвизоцию много столетий выращивают в жестких природных условиях Эфиопии, Непала, Индии и других южных стран.

В связи с этим **цель исследований** – испытание гвизоции в контрастных климатических условиях Среднего Поволжья.

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

В Пензенском научно-исследовательском институте сельского хозяйства гвизоцию изучают с 2012 г. Методом индивидуального отбора из коллекционного образца (происхождением из Непала) выделена линия, адаптированная к контрастным агроклиматическим условиям Среднего Поволжья.

Климат лесостепной зоны Среднего Поволжья умеренно-континентальный.

Среднегодовая суточная температура – 5,4 °С, годовое количество осадков достигает 550 мм. Степень увлажнения умеренная, ГТК – 1,0–1,1. Почва опытного участка – чернозем выщелоченный (рН = 6,1–6,6) среднemocный, с содержанием гумуса 6–7 %.

Все наблюдения и учеты вели в соответствии с методическими рекомендациями [12]. Математическую обработку данных проводили согласно методикам Б. А. Доспехова [13].

#### Результаты исследований и их обсуждение

В годы проведения исследований (2015–2017) метеорологические условия периода вегетации гвизоции различались, но в целом были благоприятными для роста и развития культуры.

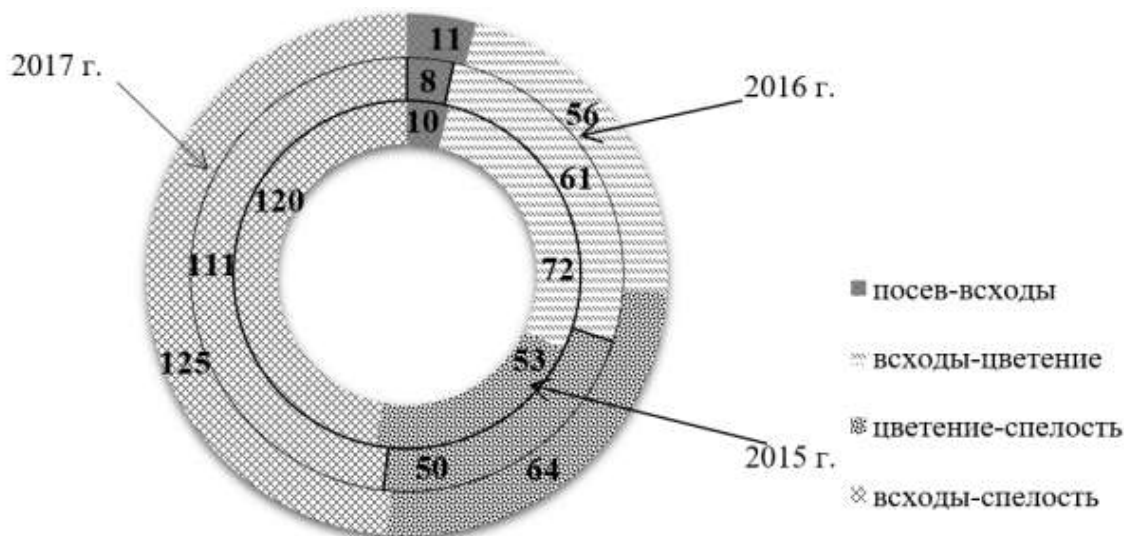
Фаза «посев-всходы» протекала в различных условиях. Посев культуры проводили в ранние сроки. Всходы появились через 8–11 дней. Количество осадков за данный период варьировало от 0,0 до 39,9 мм при достаточно высоких среднесуточных температурах – 13,5–17,5 °С, ГТК – 0,0–2,5 (таблица 1).

**Таблица 1 – Погодные условия по фазам вегетации гвизоции (Пензенский НИИСХ, 2015–2017 гг., min-max)**

Фаза развития	Сумма температур ≥10 °С	Среднесуточные температуры, °С	Сумма осадков, мм	ГТК
Посев-всходы 02.05–10.05.	101,3–179,2	13,5–17,5	0,0–39,9	0,0–2,5
Всходы-цветение 10.05–12.07.	443,8–1115,1	14,6–20,7	66,8–144,2	0,9–1,2
Цветение-спелость 12.07–02.09.	723,6–1178,2	18,6–23,6	60,8–211,0	0,7–1,7
Всходы-спелость 10.05–02.09.	1620,4–2293,3	19,6–21,3	134,2–355,2	0,8–1,3

Межфазный период роста и развития культуры – всходы-цветение – составил в среднем 60 дней и протекал в условиях умеренного увлажнения (ГТК – 0,9–1,2), при среднесуточных температурах 14,6–20,7 °С.

В целом вегетационный период культуры в 2015–2017 гг. протекал в условиях с умеренным увлажнением: ГТК – 1,05 (0,8–1,3 по годам), при среднесуточных температурах 19,6–21,3 °С и суммой эффективных температур до 1620,4–2293,3 °С. Вегетационный период гвизоции составил 111–125 дней (рисунок 2).



**Рисунок 2 – Фенологические фазы развития гвизоции абиссинской в условиях Среднего Поволжья (2015–2017 гг.)**



Следует отметить, что в связи с обильными дождями, выпавшими во второй половине лета 2017 г. (ГТК – 1,7), период цветения – спелости был очень растянут (64 дня) в отличие от предыдущих лет (50–53 дня). В результате вегетационный период культуры сильно увеличился и составил 125 дней.

Во все годы испытаний гвизоция проявила себя как высокопродуктивная, пластичная масличная культура, способная выдерживать как засушливую погоду в начале развития (фаза всходов), так и обильные осадки с фазы цветения до спелости маслосемян. Гвизоция хорошо развивалась на местных почвах и давала стабильный урожай.

В среднем за 2015–2017 гг. исследований урожайность культуры составила 1,64 т/га, содержание жира – 40,6 %. Наиболее высокую урожайность наблюдали в условиях 2016 г. – 1,75 т/га при масличности – 41,6 % (таблица 2).

**Таблица 2 – Продуктивность гвизоции (Пензенский НИИСХ, 2015–2017 гг.)**

Показатель	Год исследований			Среднее значение
	2015	2016	2017	
Урожайность, т/га*	1,49	1,75	1,70	1,64
Масличность, %	39,6	41,6	40,5	40,6
Выход масла, т/га	0,53	0,65	0,61	0,59
Масса 1000 семян, г	3,12	3,62	3,32	3,35
Лузжистость, %	24,5	23,1	25,9	24,5

*Примечание.* \* – НСР<sub>05</sub> – 0,16.

Содержание жира в семенах варьировало в пределах 39,6–41,6 %. Выход масла составил в среднем 0,59 т/га. Семена гвизоции были достаточно крупными и хорошо выполненными, масса 1000 семян – 3,12–3,62 г, лузжистость культуры – до 25,9 %.

Структурный анализ показал, что высота растений гвизоции в среднем за годы исследований составила 139,9 см (таблица 3).

Число семян с одной корзинки варьировало от 12 до 51 штук, при коэффициенте вариации 35,9 %.

Продуктивность одного растения находилась в пределах 3,96–16,49 г, вариабельность составила 33,5 %. Наиболее высокий коэффициент вариации отмечен у числа корзинок на растении – 43,2 %.

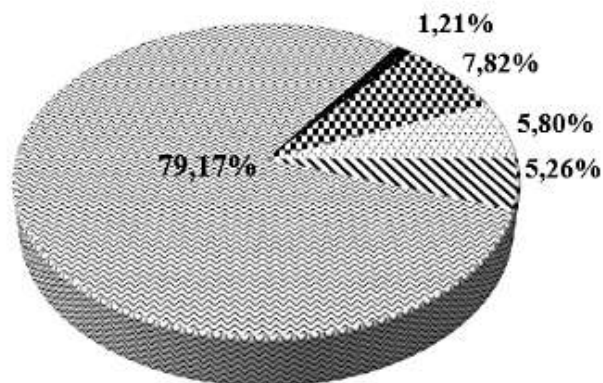
**Таблица 3 – Структурный анализ гвизоции абиссинской (Пензенский НИИСХ, 2015–2017 гг.)**

Показатель	Значение показателя			Коэффициент вариации (C <sub>v</sub> ), %
	min	max	среднее	
Высота растения, см	131,2	152,6	139,9	7,6
Число корзинок на растении, шт.	106	163	118,5	43,2
Диаметр корзинок, мм	1,8	2,9	2,2	14,2
Число семян с 1 корзинки, шт.	12	51	33,4	35,9
Масса семян с растения, г	3,96	16,49	7,21	33,5

Качество масла в значительной мере определяет его жирнокислотный состав. Особый интерес в этом направлении представляют растительные масла с высоким содержанием моно- и полиненасыщенных жирных кислот (олеиновой, линолевой и линоленовой) [11].

Основной компонент масла гвизоции абиссинской – полиненасыщенная жирная кислота – линолевая (ω-6), содержание которой достигает высокого показателя – 79,17 % (рисунок 3).





■ Пальмитиновая ■ Стеариновая ■ Олеиновая ■ Линолевая ■ Линоленовая  
**Рисунок 3 – Содержание основных жирных кислот в масле семян гвизоции (Пензенский НИИСХ)**

Содержание насыщенных кислот пальмитиновой (С 16:0) и стеариновой (С 18:0) в составе масла гвизоции достаточно высокое – 7,82 и 5,80 % соответственно.

Содержание ненасыщенной олеиновой кислоты низкое и составляет 5,26 %, а линоленовой – всего 1,21 %. Эруковая кислота отсутствует, что позволяет использовать масло данной культуры для пищевых целей. Содержание других жирных кислот (бегеновой, эйкозеновой, арахидиновой) носит следовой характер.

#### Выводы

Гвизоция абиссинская в контрастных агроклиматических условиях Пензенской области формирует высокую и стабильную урожайность семян по годам (1,49–1,75 т/га) с содержанием в них жира до 41,6 %.

Анализ жирнокислотного состава масла семян показал, что в них содержится 79,2 % линолевой кислоты, а также отсутствует эруковая кислота, что делает гвизоцию перспективной культурой, которую можно применять в различных отраслях промышленности.

Данную культуру возможно интродуцировать не только в условиях Среднего Поволжья, но и в других регионах России, о чем свидетельствует ее широкая биологическая пластичность. А включение ее в состав полевых культур позволит увеличить возможности чередования культур различной природы и расширить масличный и сырьевой конвейеры.

#### Литература

1. Вавилов Н. И. Проблемы происхождения, географии, генетики, селекции растений, растениеводства, агрономии. М.-Л.: Наука, 1965. 674 с.
2. Айтбаева Г. К. Народно хозяйственное значение растений *Crotalaria alata* и *Guizotia abyssinica* // Теория и практика современной науки. 2017. № 6 (24). С. 33–36.
3. Гаврилова В. А., Брач Н. Б., Подольная Л. П., Дубовская А. Г., Кутузова С. Н., Григорьев С. В., Конькова Н. Г., Павлов А. В., Пороховинова Е. А. Итоги изучения и новые направления использования генофонда масличных и прядильных культур в селекции // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2007. Т. 164. С. 119–141.
4. Синская Е. Н. Историческая география культурной флоры. Л.: Колос, 1969. С. 337–351.
5. Буянкин В. И. Испытание гвизоции в Нижнем Поволжье // Масла и жиры. 2007. № 2. С. 12–13.
6. Бекузарова С. А., Буянкин В. И., Прахова Т. Я. Испытание масличной культуры гвизоции в России // Научно-агрономический журнал. 2017. № 1-1 (100). С. 57–58.
7. Зеленков В. Н., Карпачев В. В., Белоножкина Т. Г., Воропаева Н. Л., Лапин А. А. Жирнокислотный состав семян нуга абиссинского, их суммарная антиоксидантная активность и перспективы практического использования Российского сорта «Липчанин» // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования. 2017. № 12. С. 12–14.

8. Вавилов Н. И. Пять континентов. М.: «Мысль», 1987. С. 109–110.
9. Буянкин В. И., Прахова Т. Я., Бекузарева С. А. Испытание масличной культуры гвизотии (*Guizotia abyssinica* Cass.) // Кормопроизводство. 2017. № 10. С. 26–28.
10. Низова Г. К., Конькова Н. Г. Каталог мировой коллекции ВИР. Малораспространенные масличные культуры. Санкт-Петербург, 2008. 54 с.
11. Зеленков В. Н., Карпачев В. В., Белоножжина Т. Г., Воропаева Н. Л. Жирнокислотный состав масла семян нуга абиссинского отечественной селекции // Сборник материалов конференции «Актуальные и новые направления в селекции и семеноводстве сельскохозяйственных культур», Владикавказ, 2017. С. 93–95.
12. Методические указания по изучению мировой коллекции масличных культур. Л.: ВИР, 1976. 21 с.
13. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

### References

1. Vavilov N. I. Problems of origin, geography, genetics, plant breeding, plant growing, agronomy. Moscow-Leningrad: Science, 1965. 674 p.
2. Aitbaeva G. K. National economic importance of plants *Crotalaria alata* and *Guizotia abyssinica* // Theory and practice of modern science. 2017. No. 6 (24). P. 33–36.
3. GavriloVA V. A., Brach N. B., Podolinaya L. P., Dubovskaya A. G., Kutuzova S. N., Grigoriyev S. V., Konikova N. G., Pavlov A. V., Porokhovinova Ye. A. General results of studying and new trends in using germplasm of oil and fiber crops in breeding // Bulletin of applied botany, of genetics and plant breeding. 2007. Vol. 164. P. 119–141.
4. Sinskaya E. N. Historical geography of cultural flora. Leningrad: Kolos, 1969. P. 337–351.
5. Buyankin V. I. Test *Guizotia* in the Lower Volga region // Oils and fats. 2007. No. 2. P. 12–13.
6. Bekuzarova S. A., Buyankin V. I., Prakhova T. Ya. Testing of the oil-bearing crops *Guizotia* in Russia // Scientific Agronomy Journal. 2017. No. 1-1 (100). P. 57–58.
7. Zelenkov V. N., Karpachev V. V., Belonozhkina T. G., Voropayeva N. L., Lapin A. A. Fatty acid composition of nougat Abyssinian seeds, their total antioxidant activity and prospects for practical use of the Russian “Lipchanin” variety // New and non-traditional plants and prospects for their use. 2017. No. 12. P. 12–14.
8. Vavilov N. I. Five continents. Moscow: “Thought”, 1987. P. 109–110.
9. Buyankin V. I., Prakhova T. Ya., Bekuzarova S. A. Testing of oilseed culture of *guizotia* (*Guizotia abyssinica* Cass.) // Fodder Production. 2017. No. 10. P. 26–28.
10. Nizova G. K., Konikova N. G. Catalog of the world collection of VIR. Small-spread oil-bearing crops. Saint Petersburg, 2008. 54 p.
11. Zelenkov V. N., Karpachev V. V., Belonozhkina T. G., Voropayeva N. L. Fatty acid composition of seed oil of the nougat of Abyssinian domestic selection // Collection of materials from the Conference “Actual and New Directions in the Breeding and Seed Production of Agricultural Crops”, Vladikavkaz, 2017. P. 93–95.
12. Methodical instructions for the study of the world collection of oilseeds. Leningrad: VIR, 1976. 21 p.
13. Dospekhov B. A. Technique of field experience with bases of statistical processing of results of researches. Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p.

UDC 633.85:631:526

Prakhova T. Ya., Prakhov V. A.

### INTRODUCTION OF THE CULTURE OF GUIZOTIA ABYSSINICA CASS IN THE MIDDLE VOLGA REGION

**Summary.** *Guizotia Abyssinica* is being studied in Penza Research Institute of Agriculture since 2012. Using a method of individual selection from a collection sample, a line from Nepal has been identified, adapted to the abiotic and biotic factors of the Middle Volga region. The purpose of the research was to test the *Guizotia Abyssinica* in the contrasting climatic conditions of the Middle Volga region. *Guizotia Abyssinica* is a new oil crop for Russia, having the number of economically valuable traits. Therefore, cultivation of this poorly studied plant allows increasing biodiversity and improving assortment of introduced field crops. The article describes the results of field studies in growing *Guizotia* in 2015–2017 in Penza region. *Guizotia* is an annual plant; its height

reaches 1.30 m. Inflorescences of its anthode (diameter 2.2 to 6 cm) are collected in loose panicle. The flowers are yellow, seeds – black. Seeds of *Guizotia* contains up to 43% of pleasant to taste and aromatic oil, which is used for food and technical purposes. According to biological properties, *Guizotia* is characterized by resistance to drought and high temperatures, as well as high responsiveness to additional hydration. The meteorological conditions during the period of vegetation were favorable for the growth and development of this crop with moderate irrigation – GTK – 1.05, average daily temperature – 19.6–21.3 °C. The vegetation period of this crop was 111–125 days. The crop yield was on average 1.64 t/ha during the period of 2015–2017. The fat content in the seeds of *Guizotia* varied within the range 39.6–41.6 %. The seeds of *Guizotia* were quite large, thousand-seed weight was 3.12–3.62 g. Analysis of the crop structure showed that the productivity of one plant was 3.96–16.49 g, the coefficient of variation was 33.5 %. The main component of the fatty acid composition of the *Guizotia Abyssinica* oil is polyunsaturated fatty acid – linoleic, the content of which reaches a high value of 79.17 %. The content of oleic acid is low (5.26 %), and linolenic – 1.21 %. There is no erucic acid in the seeds. The new introduced crop *Guizotia* can find wide application not only in the Middle Volga region, but also in other regions of Russia. Including *Guizotia Abyssinica* to the field crops list will allow to expand the opportunities for rotation crops of different nature and to expand the number of used oil-bearing crops and their raw materials in production.

**Keywords:** *Guizotia abyssinica*, yield, oil content, fatty acid composition.

Прахова Татьяна Яковлевна, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела масличных культур ФГБНУ «Пензенский научно-исследовательский институт сельского хозяйства»; 442731, Россия, Пензенская область, п. Лунино-1, ул. Мичурина, 1Б; e-mail: prakhova.tanya@yandex.ru.

Прахов Владимир Александрович, старший научный сотрудник отдела масличных культур ФГБНУ «Пензенский научно-исследовательский институт сельского хозяйства»; 442731 Россия, Пензенская область, п. Лунино-1, ул. Мичурина, 1Б; e-mail: prakhova.tanya@yandex.ru.

Prakhova Tatiyana Yakovlevna, Dr. Sc. (Agr.), leading researcher of the Department of oilseeds in FSBSI “Penza Research Institute of Agriculture”; 1B Michurina str., village Lunino-1, Penza district, 442731, Russia; e-mail: pakhova.tanya@yandex.ru.

Prakhov Vladimir Aleksandrovich, senior researcher of the Department of oilseeds in FSBSI “Penza Research Institute of agriculture”, 1B Michurina str., village Lunino-1, Penza district, 442731, Russia; e-mail: pakhova.tanya@yandex.ru.

Дата поступления в редакцию – 23.04.2018.

Дата принятия к печати – 10.05.2018.

УДК 631.535.633.812.754

Скипор О. Б., Бабанина С. С., Попова А. А., Золотилов В. А., Золотилова О. М.

**ЭКОНОМИЧЕСКИ ОБОСНОВАННЫЙ СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ  
САЖЕНЦЕВ ЛАВАНДЫ СОРТА СИНЕВА**

ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»

**Реферат.** Цель исследований – разработать экономически обоснованный способ получения саженцев лаванды высокопродуктивного сорта Синева. Опыты проводили в Предгорной зоне Крыма в научном севообороте ФГБУН «НИИСХ Крыма» (с. Крымская роза Белогорского района). Исходный маточник лаванды сорта Синева площадью 500 м<sup>2</sup> заложен в 2006 г. саженцами, полученными из однолетних одревесневших черенков, по уплотненной схеме посадки – 0,50×0,25 м. Эксплуатация маточника начата в 2008, закончена – в 2015 г. Заготовка саженцев аналогична производственным условиям и включала пять опытных вариантов (площадь каждого опытного варианта составила 100 м<sup>2</sup>) получения черенков. Максимальный выход саженцев лаванды с одного растения получен на четвертый год вегетации растений сорта Синева (46–70 шт./раст.) во всех вариантах опыта. За все годы исследований при использовании опытного варианта № 4 с одноразовой заготовкой зеленых и одноразовой заготовкой однолетних одревесневших черенков в сумме получено 248 саженцев с одного растения. Этот вариант был лучшим из всех изученных. Расчет экономической эффективности производства посадочного материала лаванды за восемь лет исследований проводили по наиболее продуктивному варианту № 4 с одноразовой заготовкой зеленых и одноразовой заготовкой однолетних одревесневших черенков по сложившимся производственным ценам в 2017 г. на территории Республики Крым на основании технологической карты выращивания лаванды узколистной, разработанной в ФГБУН «НИИСХ Крыма». Приведена структура затрат при выращивании лаванды узколистной на 1 га. Максимальный уровень рентабельности приходится на четвертый, наиболее продуктивный по выходу готовой продукции (51,1 тыс. шт.), год эксплуатации маточника лаванды и составляет 613,7 %.

**Ключевые слова:** лаванда узколистная *Lavandula angustifolia* Mill., сорт Синева, черенки, выход саженцев, рентабельность.

**Введение**

В число экономически значимых эфирных масел, мировое производство которых составляет свыше 1000 т в год, входит лавандовое эфирное масло [1, 2]. Основные его производители – Болгария, Франция, Великобритания, Китай, Испания [3]. Увеличение объемов продаж эфиромасличной продукции стимулируется ростом потребления органической продукции, изготовленной с применением натуральных эфирных масел и их компонентов. Анализируя мировые цены на лавандовое масло по странам-лидерам, стоит отметить, что наиболее высокая его стоимость за 1 кг отмечена в 2017 г. во Франции – 140 долл. В Китае стоимость достигает 90 долл., в Болгарии – 80 долл., в России – 75 долл. [4].

Согласно «Концепции развития эфиромасличной отрасли Крыма» и других источников [2, 5], новые сорта лаванды должны в ближайшее время занять основные площади выращивания эфиромасличных культур. В 2014 г. в «Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию» включены три вегетативно размножаемых сорта лаванды узколистной *Lavandula angustifolia* Mill. – Вдала, Степная и Синева [6].

Технология выращивания лаванды узколистной требует значительных единовременных капитальных вложений при закладке плантаций: закупка саженцев, глубокая обработка почвы, значительные объемы ручных работ по омоложению плантаций, междурядные обработки, а также, при необходимости, приобретение сельскохозяйственной техники для выполнения механизированных работ [7, 8]. Себестоимость саженцев, а значит, и значительная доля стоимости всей плантации зависит от выбора способа их получения.

В связи с этим **цель исследований** – разработать экономически обоснованный способ получения саженцев лаванды сорта Синева.

Для достижения цели решали три основные задачи: определить оптимальный способ получения саженцев лаванды сорта Синева, установить экономически обоснованный период эксплуатации маточника, рассчитать затраты на производство посадочного материала.

### **Материалы и методы исследования**

Опыты проводили в Предгорной зоне Крыма в научном севообороте ФГБУН «НИИСХ Крыма» (с. Крымская роза Белогорского района).

Исходный маточник лаванды сорта Синева площадью 500 м<sup>2</sup> заложен в 2006 г. саженцами, полученными из однолетних одревесневших черенков, по уплотненной схеме посадки – 0,50×0,25 м.

Эксплуатация маточника начата в 2008, закончена – в 2015 г. Заготовка саженцев аналогична производственным условиям и включала пять опытных вариантов (площадь каждого варианта составила 100 м<sup>2</sup>) получения черенков:

1. Заготовка однолетних одревесневших черенков (ноябрь);
2. Заготовка зеленых черенков (июнь);
3. Двухразовая заготовка зеленых черенков (июнь, июль);
4. Заготовка зеленых черенков (июнь) и однолетних одревесневших черенков (ноябрь);
5. Двухразовая заготовка зеленых черенков (июнь, июль) и однолетних одревесневших черенков (ноябрь).

Каждый срок заготовки предусматривал полное срезание всех стандартных черенков с маточного растения. Более подробно методика их получения и укоренения представлена в предыдущих работах [7, 8].

Для укоренения брали по 50 черенков в трехкратной повторности.

Достоверность результатов оценивали методом двухфакторного дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову [9].

Расчеты произведены в соответствии с данными технологической карты на 2017 г. по выращиванию саженцев лаванды узколистной на грядах площадью 100 м<sup>2</sup> в ФГБУН «НИИСХ Крыма». Затраты учитывали согласно технологической карты по заготовке зеленых и однолетних одревесневших черенков. В денежном выражении два вида получения саженцев одинаковы (113,4 тыс. р.), основным отличием в технологии выращивания и заготовки черенков двумя способами являются сроки проведения работ по выращиванию саженцев.

Технологические карты рассчитаны по типовым нормам выработки на ручные и механизированные сельскохозяйственные работы [10, 11].

Учитывая влияние спроса и предложения на рынке саженцев лаванды по состоянию на осенне-весенний период 2016–2017 гг. в Республике Крым в плановых расчетах выручки от реализации продукции использована стоимость одного саженца 15 р.

### **Результаты и их обсуждение**

Анализ полученных результатов по выходу саженцев лаванды с одного растения показал, что максимальный их выход можно получить на четвертый год



вегетации растений (46–70 шт./раст.) во всех вариантах опыта (таблица 1). В сумме за все годы исследований при использовании опытного варианта № 4 с одноразовой заготовкой зеленых и одноразовой заготовкой однолетних одревесневших черенков получено 248 саженцев с одного растения. Этот вариант был лучшим из всех изученных. Не установлено разницы в средних показателях выхода саженцев в зависимости от нагрузки на маточное растение, так как данные находятся в пределах ошибки опыта (22–31 шт./раст. при  $HCP_{05} = 9$ ).

**Таблица 1 – Выход саженцев лаванды сорта Синева в зависимости от возраста маточника и варианта опыта, штук/растение**

Вариант опыта (фактор В)	Год вегетации (фактор А)								Сумма	Среднее по фактору В
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015		
1	8	20	46	46	17	6	10	19	172	22
2	4	9	27	70	30	26	5	34	205	26
3	8	18	47	48	21	24	14	24	204	26
4	11	31	38	64	31	26	30	17	248	31
5	13	33	41	60	10	6	33	14	210	26
Среднее по фактору А	9	22	40	58	22	18	18	22	-	-

*Примечание.*  $HCP_{05}$  фактор А – 7,  $HCP_{05}$  фактор В – 9,  $HCP_{05}$  фактор АВ – 20.

Для хозяйств, которые будут заниматься размножением лаванды узколистной важно знать, какое количество можно получить укорененных кондиционных саженцев с единицы площади маточника. Установлено увеличение выхода саженцев с маточника с первого по четвертый год эксплуатации. В наиболее продуктивный четвертый год, получено 46 тыс. кондиционных саженцев (таблица 2). В последующие годы наблюдали снижение количества выхода укорененных черенков более чем в 2 раза. Наибольший выход укорененных черенков с маточника лаванды (площадью 100 м<sup>2</sup>), заложенного одревесневшими черенками, получен в варианте № 4 с одноразовым срезом зеленых и одноразовым срезом однолетних одревесневших черенков – в среднем 33,5 тыс. штук в год (268,3 тыс. штук в сумме за 8 лет эксплуатации маточника).

**Таблица 2 – Выход саженцев лаванды сорта Синева в зависимости от возраста маточника и варианта опыта, тыс. штук (S = 100 м<sup>2</sup>)**

Вариант опыта (фактор В)	Год вегетации (фактор А)								Сумма	Среднее по фактору В
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015		
1	6,6	16,0	36,8	36,8	13,9	4,6	8,3	15,0	138,0	17,3
2	3,5	6,9	21,7	55,7	24,0	14,0	3,7	27,3	156,8	19,6
3	6,2	14,7	37,7	38,3	16,8	19,1	11,7	19,3	163,8	20,5
4	9,1	24,5	30,6	51,1	24,8	20,9	23,7	14,0	268,3	33,5
5	10,7	26,3	32,5	48,3	17,6	4,9	26,7	11,0	178,0	22,3
Среднее по фактору А	7	18	31,9	46	19	13	15	17	-	-

*Примечание.*  $HCP_{05}$  фактор А – 5,7;  $HCP_{05}$  фактор В – 7,2;  $HCP_{05}$  фактор АВ – 16,1.

Расчет себестоимости саженцев важен для семеноводческих хозяйств, которые будут выращивать саженцы лаванды узколистной для реализации. Это позволит правильно формировать цену на производимую продукцию (рисунок). Данные по себестоимости возделывания лаванды сформированы, исходя из затрат материально-

технических средств и энергоресурсов, оплаты труда, налоговых отчислений и накладных расходов. Доля затрат на приобретение саженцев составляет 57,6 %.



Рисунок – Структура затрат при выращивании лаванды узколистной, %

Расчет экономической эффективности производства посадочного материала лаванды узколистной за восемь лет исследований проводили по наиболее продуктивному варианту № 4 с одноразовой заготовкой зеленых и одноразовой заготовкой однолетних одревесневших черенков по сложившимся производственным ценам в 2017 г. на территории Республики Крым на основании технологической карты (таблица 3).

Как показывают результаты исследования, выращивание посадочного материала лаванды экономически эффективно и высоко rentabelно. Отмечена прогрессирующая динамика rentabelности производства саженцев в зависимости от года эксплуатации маточника лаванды: с первого до четвертого года rentabelность возрастает (с 20,3 до 613,7 %), а с пятого по восьмой годы – стабилизируется и составляет 322,7–265,8 %. Максимальный уровень rentabelности приходится на четвертый, наиболее продуктивный по выходу готовой продукции (51,1 тыс. штук кондиционных саженцев), год эксплуатации маточника лаванды и составляет 613,7 %.

Таблица 3 – Планируемая экономическая эффективность выращивания посадочного материала лаванды узколистной сорта Синева (S = 100 м<sup>2</sup>)

Год эксплуатации маточника	Выход саженцев, тыс. штук	Затраты на выращивание, р.	Выручка от реализации саженцев, тыс. р.	Прибыль от реализации, тыс. р.	Уровень rentabelности, %
1	9,1	113,4	136,5	23,1	20,3
2	24,5	87,7	367,5	279,8	319,0
3	30,6	93,7	459,0	365,3	389,9
4	51,1	107,4	766,5	659,1	613,7
5	24,8	88,0	372,0	284,0	322,7
6	20,9	84,6	313,5	246,9	291,8
7	23,7	87,0	355,5	268,5	308,6
8	14,0	57,4	210,0	152,6	265,8
Всего	268,3	-	2980,5	2279,3	-

В литературе имеются сведения о том, что в зависимости от зоны возделывания, плодородия почвы, уровня агротехники, растения лаванды через 7–10 лет начинают

стареть. Кусты дают слабый прирост, урожай снижается. Для восстановления продуктивности старых плантаций ранней весной (до начала сокодвижения) проводят омоложение растений лаванды. При этом кусты 6–7-летнего возраста срезают наполовину их высоты, а более старые – на высоту 10–12 см от уровня поверхности почвы [12]. После омоложения возможна дальнейшая эксплуатация маточников, однако данный вопрос требует дальнейшего исследования.

#### Выводы

В результате исследований различных способов получения саженцев лаванды узколистной сорта Синева выявлено, что из всех вариантов опыта четвертый год эксплуатации маточника лаванды был наиболее продуктивным (заготовлено 46 тыс. шт. кондиционных саженцев).

Максимальное количество саженцев с площади 100 м<sup>2</sup> (33,5 тыс. шт.) в среднем за все годы эксплуатации посадки обеспечивал вариант № 4 с одноразовой заготовкой зеленых (июнь) и одноразовой заготовкой однолетних одревесневших черенков (ноябрь).

Установлено, что наиболее продуктивным по выходу саженцев (51,1 тыс. штук) и по максимальному уровню рентабельности (613,7 %) был четвертый год эксплуатации маточника *L. angustifolia* сорта Синева.

#### Литература

1. Невкрытая Н. В., Мишнев А. В. Современное состояние селекции и семеноводства эфиромасличных культур в Крыму // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 2 (59). С. 287–296.
2. Селекция лаванды узколистной для промышленного производства в Крыму. Под ред. Паштецкого В. С. Симферополь: Издательство «ДИАЙПИ», 2017. 206 с.
3. Stanev S., Zagorcheva T., Atanassov I. Lavender cultivation in Bulgaria – 21st century developments, breeding challenges and opportunities // Bulgarian Journal of Agricultural Science. 2016. Vol. 22. No. 4. P. 584–590.
4. Essential oil market report – autumn 2017. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://ultranl.com/ultracms/wp-content/uploads/MR\\_917\\_Screen.pdf](http://ultranl.com/ultracms/wp-content/uploads/MR_917_Screen.pdf) (дата обращения 16.01.2018).
5. Мишнев А. В., Невкрытая Н. В. Эфиромасличная отрасль в Крыму. История и современность // Биологические особенности лекарственных и ароматических растений и их роль в медицине: сборник научных трудов Международной научно-практической конференции, посвященной 85-летию ВИЛАР. 2016. С. 276–282. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_26333789\\_78801553.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_26333789_78801553.pdf) (дата обращения 9.01.2018).
6. Сорты растений, включенные в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Сорты культуры «Лаванда». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://reestr.gossort.com/reestr/culture/141> (дата обращения 15.01.2018).
7. Скипор О. Б., Золотилов В. А., Золотилова О. М. Зависимость укореняемости черенков лаванды от сроков черенкования и возраста материнских растений // Научный журнал КубГАУ. 2015. № 112 (08). [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_24912346\\_12017037.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_24912346_12017037.pdf) (дата обращения 15.01.2018).
8. Скипор О. Б., Бабанина С. С., Золотилов В. А., Золотилова О. М. Влияние типа черенков на их укореняемость и выход саженцев лаванды узколистной сорта Степная // Достижения науки и техники АПК. 2017. № 5. С. 40–42.
9. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 2011. 351 с.
10. Типовые нормы выработки и расхода топлива на сельскохозяйственные механизированные работы. Часть II (утв. Минсельхозпродом России). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://legalacts.ru/doc/tipovye-normy-vyrabotki-i-raskhoda-topliva-naselskokhozjaistvennye-mekhanizirovannye/> (дата обращения 17.01.2018).
11. Демчак І. М., Кисляченко М. Ф., Лобастов І. В. Методичні положення та норми виробітку на ручних роботах у рослинництві. К.: НДІ «Укראгропромпродуктивність», 2013. 672 с.
12. Паштецкий В. С. Невкрытая Н. В., Мишнев А. В., Назаренко Л. Г. Эфиромасличная отрасль Крыма. Вчера, сегодня, завтра. Симферополь: ИТ «Ариал», 2017. 244 с.

## References

1. Nevkrytaya N. V., Mishnev A. V. The current state of essential oil plants' breeding and seed growing in Crimea// Proceedings of the Kuban State Agrarian University. 2016. № 2 (59). P. 287–296.
2. Breeding of narrow-leaved lavender (*Lavandula angustifolia*) for industrial production in the Crimea. Edited by Pashtetskiy V.S. Simferopol: "Publisher DIAJPI", 2017. 206 p.
3. Stanev S., Zagorcheva T., Atanassov I. Lavender cultivation in Bulgaria – 21st century developments, breeding challenges and opportunities // Bulgarian Journal of Agricultural Science. 2016. Vol. 22. No. 4. P. 584–590.
4. Essential oil market report – autumn 2017. [Electronic resource]. Access point: [http://ultranl.com/ultracms/wp-content/uploads/MR\\_917\\_Screen.pdf](http://ultranl.com/ultracms/wp-content/uploads/MR_917_Screen.pdf) (reference's date 16.01.2018).
5. Mishnev A.V., Nevkrytaya N.V. Essential oil branch in the republic of Crimea. History and modern time // Biological features of medicinal and aromatic plants and their role in medicine: collection of scientific works of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the 85<sup>th</sup> anniversary of VILAR. 2016. P. 276–282. [Electronic resource]. Access point: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_26333789\\_78801553.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_26333789_78801553.pdf) (reference's date 9.01.2018).
6. Varieties of plants included in the State Register of Breeding Achievements Permitted for Use. Varieties of Lavender. [Electronic resource]. Access point: <http://reestr.gossort.com/reestr/culture/141> (reference's date 15.01.2018).
7. Skipor O. B., Zolotilov V. A., Zolotilova O. M. The dependence of the rooting of cuttings of lavender on the timing of propagation and the age of the mother plants// Scientific Journal of KubSAU. 2015. № 112 (08). [Electronic resource]. Access point: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_24912346\\_12017037.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_24912346_12017037.pdf) (reference's date 15.01.2018).
8. Skipor O. B., Babanina S. S., Zolotilov V. A., Zolotilova O. M. Influence of cutting type on rooting and output of seedlings of true lavender 'Stepnaya'//Achievements of Science and Technology of AIC. 2017. No. 5. P. 40–42.
9. Dospekhov B. A. Methods of field research (with the basics of statistical processing of research results) Moscow: Agropromizdat, 2011. 351 p.
10. Standards of fuel consumption for agricultural technical services. Part II. (Approved by the Ministry of Agriculture of Russia). [Electronic resource]. Access point: <http://legalacts.ru/doc/tipovye-normy-vyrabotki-i-raskhoda-topliva-naselskokhozjaistvennyie-mekhanizirovannye/> (reference's date 17.01.2018).
11. Demchak I. N., Kyslyachenko M. F., Lobastov I. V. Methodological provisions and norms of production on manual work in crop production. Kiev: NDI "Ukragroproduktivnist", 2013. 672 p.
12. Pashtetskiy V. S., Nevkrytaya N. V., Mishnev A. V., Nazarenko L. G. Essential oil industry in the Crimea. Yesterday, today, tomorrow. Simferopol: Publisher "Arial", 2017. 244 p.

UDC 631.535.633.812.754

Skipor O. B., Babanina S. S., Popova A. A., Zolotylov V. A., Zolotylova O. M.

### ECONOMICALLY REASONABLE METHOD FOR OBTAINING LAVENDER SEEDLINGS OF SINEVA VARIETY

**Summary.** *This work is aimed to study the development of economically reasonable method for obtaining lavender seedlings of highly productive variety Sineva. The experiments were carried out in the foothill zone of the Crimea in the scientific crop rotation of the FSBSI "Research Institute of Agriculture of Crimea" (village Krymskaya Roza, Belogorsky district). The area of the original nursery plot was 500 m<sup>2</sup>. It was planted in 2006 with seedlings obtained from annual lignified cuttings according to dense scheme of planting 50 × 0,25 m. The exploitation of nursery plot started in 2008, and finished in 2015. Collecting of seedlings was similar to production conditions and had five variants of obtaining cuttings (actual size of each experimental plot was 100 m<sup>2</sup>). The maximum yield of lavender seedlings was obtained on the fourth year of vegetation (46-70 pieces per plant) in all variants of the experiment. Totally for all the years of research, using the experimental variant № 4 with one-time preparation of green cuttings and one-time preparation of annual lignified cuttings, 248 seedlings from one plant were obtained. This variant was the best. Calculation of the economic efficiency of planting material of lavender production for eight years of research was carried out using the most productive variant № 4 with one-time*

*preparation of green cuttings and one-time preparation of annual lignified cutting according to the prices valid in 2017 on the territory of the Republic of Crimea. All technological processes were carried out according to the technological map developed by the staff of FSBSI "Research Institute of Agriculture of Crimea". Costs for cultivation narrow-leaved lavender per one hectare were given. The maximum level of profitability is on the 4th year of lavender nursery plot exploitation. This period is the most productive by the output of production (51.1 thousand units), and reaches 613.7%.*

**Keywords:** *lavender, variety, amount of seedlings, profitability*

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

Бабанина Светлана Сергеевна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции отдела эфиромасличных и лекарственных культур ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295493, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: svetlana.babanina@bk.ru.

Попова Анастасия Анатольевна, научный сотрудник лаборатории научно-экономического анализа исследований ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295493, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: popova\_n@niishk.ru.

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

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

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

Babanina Svetlana Sergeevna, Cand. Sc. (Agr.), senior researcher of the Laboratory of selection in the Department of aromatic and medicinal plants, FSBSI "Research Institute of Agriculture of Crimea", 150 Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295453, Russia; e-mail: isg.krym@gmail.com.

Popova Anastasia Anatol'evna, researcher of Laboratory of scientific and economic analysis of research FSBSI "Research Institute of Agriculture of Crimea"; 150 Kievskaya str., Simferopol, the Republic of Crimea, 295493, Russia; e-mail: popova\_n@niishk.ru.

Zolotilov Viktor Anatol'evich, researcher of Laboratory of breeding, FSBSI "Research Institute of Agriculture of Crimea", 150 Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295453, Russia; e-mail: viktor\_zolotilov@mail.ru.

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

*Дата поступления в редакцию – 01.05.2018.*

*Дата принятия к печати – 30.05.2018.*



DOI 10.25637/TVAN.2018.02.11.

УДК 631.535.633.812.754

Скипор О. Б., Савченко М. В., Уманец Н. Н.

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ СТИМУЛЯТОРОВ РОСТА РАСТЕНИЙ В ТЕХНОЛОГИИ ВЫРАЩИВАНИЯ ЛАВАНДЫ УЗКОЛИСТНОЙ В УСЛОВИЯХ ПРЕДГОРНОЙ ЗОНЫ КРЫМА**

ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»

**Реферат.** Цель работы – определение оптимальных стимуляторов роста (комплексного минерального удобрения «Кемира-Люкс», торфо-гуминового удобрения «Фитон-Флора-С», регулятора роста растений «Эмистим Р» и микробиологического препарата «Биополицид») растений для повышения урожайности и сбора эфирного масла лаванды узколистной (*Lavandula angustifolia* Mill.) сорта Степная. Опыты проводили в агротехническом севообороте отдела эфиромасличных и лекарственных культур ФГБУН «НИИСХ Крыма» (с. Крымская Роза Белогорского района). Многолетний стационарный опыт заложен в 2004 г. Общая площадь опытного участка – 1600 м<sup>2</sup>. Размер элементарной делянки – 12 м<sup>2</sup>. Повторность трехкратная. Препараты применяли двукратно в течение периода вегетации (фаза бутонизации и в период после уборки – вторая волна роста) путем опрыскивания растений. Задачи исследования: определение влияния стимуляторов роста растений на биологические параметры, структуру урожая, урожайность и сбор эфирного масла с единицы площади лаванды узколистной сорта Степная. В результате исследований выявлено, что оптимальный стимулятор роста растений лаванды узколистной сорта Степная – микробиологический препарат «Биополицид», который способствует увеличению количества соцветий в растении на 29 % (406,74 штук/куст), урожайности – на 31,8 % (3,9 т/га) и сбора эфирного масла – на 44,4 % (53,29 кг/га), а также является наиболее экономически выгодным: окупаемость затрат при применении данного препарата составляет 2,63 тыс. р.

**Ключевые слова:** лаванда узколистная Степная, стимуляторы роста растений, микробиологический препарат, органическое земледелие, структура урожая, продуктивность эфирноса.

### Введение

Крым – наиболее благоприятный регион для возделывания эфиромасличных культур. Политическая ситуация и перекрытие Северо-Крымского канала заставляют аграриев пересматривать структуру всех посевных площадей на полуострове и вести поиск более засухоустойчивых сельскохозяйственных растений. Лаванда узколистная *Lavandula angustifolia* Mill. – высокорентабельная культура, не требующая полива. Фармацевтическая и парфюмерно-косметическая промышленности Российской Федерации испытывают значительную потребность в сырье и эфирном масле этого растения. Основную долю этой продукции составляет импорт. Так как государственная политика направлена на импортозамещение и устойчивое развитие агропромышленного комплекса, актуальной задачей является повышение эффективности производства данного эфирноса. В последнее время статистика свидетельствует о снижении продуктивности и сокращении площадей под этой культурой [1–3].

Анализ сложившейся ситуации показал, что одна из причин снижения продуктивности плантаций – их сортовой и возрастной состав. Так как в условиях естественного фитоценоза эти растения живут свыше 30 лет, продление срока эксплуатации имеющихся насаждений – реальный шаг в сторону повышения продуктивности культуры, а закладка новых плантаций – дорогостоящее

мероприятие [4].

В этом плане учеными проведен значительный объем научно-исследовательских работ [2–4], результаты которых легли в основу методических указаний по применению гербицидов из списка разрешенных к использованию; разработки комплекса машин и механизмов специального назначения; типовых технологических карт. Однако исследование, проведенное в течение 10 лет (1991–2000 гг.) показало, что длительное применение комплекса средств химизации в агроценозах лаванды узколистной приводит к негативным и/или необратимым явлениям, наблюдаемым в микроценозе почвы, накоплению остаточных количеств пестицидов (или продуктов их распада) в органах растения, а иногда и в эфирном масле [5]. Также следует учесть, что нынешняя ценовая политика в отношении минеральных удобрений, пестицидов, горюче-смазочных материалов не способна обеспечить должную отдачу производства от средств и приемов интенсивного возделывания.

Учитывая, что эфиромасличное сырье лаванды и продукты его переработки нашли применение в пищевой промышленности, косметологии и медицине, вопрос обоснованности применения пестицидов и удобрений при возделывании этих культур актуален не только с точки зрения экономической целесообразности, но и современных требований, предъявляемых к экологической чистоте сырья. Решение этой проблемы мы видим в переходе на внекорневые подкормки стимуляторами роста растений органического происхождения.

На сегодняшний день в научной литературе накоплено значительное количество фактического материала касающегося влияния стимуляторов роста на растения. Их положительное действие проявляется в увеличении урожайности и качества зерновых и овощных культур, процента укореняемости черенков плодовых деревьев, а также более интенсивном развитии корневой системы рассады [6–9].

Тишков Н. М. и Дряхлов А. А. изучали влияние стимуляторов роста растений на продуктивность подсолнечника и установили, что при действии комплексных минеральных удобрений урожайность данной культуры увеличилась на 0,19–0,29 т/га, а сбор масла – на 0,09–0,14 т/га [10]. Мустаев Ф. А. с сотрудниками, изучая влияние стимулятора роста «Навруз» (изготовленного на основе экстракта хвои пихты сибирской) на физиологические показатели и продуктивность хлопчатника, выявили сокращение фаз развития растения под влиянием препарата, увеличение массы коробочек и ускорение их созревания на 5–6 дней, что способствовало прибавке урожая на 5,5–6,3 ц/га [11].

Увеличение интенсивности ростовых процессов и продуктивности под влиянием органических стимуляторов роста отмечены в опытах с гречихой [12], табаком [13], а также многими лекарственными и эфиромасличными растениями [14, 15]. В. Я. Хомина установила, что урожайность чернушки посевной, расторопши пятнистой, сафлора красильного и ноготков лекарственных после внекорневой обработки стимуляторами роста увеличилась в среднем на 30 % [14]. Пушкина Г. В. вместе с другими исследователями проводила опыты по изучению действия регуляторов роста на продуктивность мяты перечной, Melissa лекарственной, шалфея лекарственного и тысячелистника обыкновенного. В результате выявлено повышение урожайности данных культур на 12–35 % и содержания эфирного масла в них до 35 % [15].

**Цель работы** – определить оптимальный стимулятор роста растений для повышения урожайности и сбора эфирного масла лаванды узколистной сорта Степная.

### Материалы и методы исследований

Многолетний стационарный опыт лаванды узколистной расположен в агротехническом севообороте отдела эфиромасличных и лекарственных культур ФГБУН «НИИСХ Крыма» (с. Крымская Роза Белогорского района).

Агрометеорологические условия 2016–2017 гг. для эфиромасличных культур в целом были благоприятными. В весенний период за два года исследований сохранялся оптимальный температурный режим и регулярные осадки. Средняя температура воздуха в апреле-мае 2016 г. составила 13,9 °С, а в 2017 – 12,2 °С. Количество осадков в этот период в первый год исследований составило 158 мм, а во второй – 146 мм.

Выпадение 68 мм осадков в 2016 г. (или 117 % от нормы) в конце мая-начале июня негативно повлияло на накопление эфирного масла. Дальнейшая сухая и жаркая погода в июле несколько улучшила ситуацию. Количество осадков в июне 2017 г. было немного меньше – 57 мм. Средняя температура воздуха в июне-июле 2016 г. составила 22,3 °С, а в 2017 – 21,5 °С.

В опыте использована лаванда узколистная сорта Степная 2004 г. посадки.

В 2016–2017 гг. проведены исследования по изучению влияния стимулирующих препаратов разного происхождения и механизма действия на урожайность, массовую долю эфирного масла и сбор эфирного масла лаванды узколистной.

Схема опыта включала пять вариантов:

1. Без препарата (контроль);
2. Комплексное минеральное удобрение (КМУ) «Кемира-Люкс» (4 кг/га);
3. Торфо-гуминовое удобрение (ТГУ) «Фитоп-Флора-С» (600 мл + 600 мл/га);
4. Регулятор роста растения (РРР) на основе экстракта лекарственного растения Эхинацеи пурпурной «Эмистим Р» (40 мл/га);
5. Микробиологический препарат (МБ) «Биополицид» (6 л/га).

Препараты применяли двукратно в течение периода вегетации (фаза бутонизации) и в период после уборки (вторая волна роста) путем опрыскивания растений (расход рабочего раствора 300 л/га).

Общая площадь опыта – 0,16 га. Повторности расположены трехрядно, варианты – систематически в пределах повторности. Учетная площадь элементарной деланки – 12 м<sup>2</sup>.

Учеты, наблюдения, лабораторно-аналитические исследования проводили в соответствии с существующей научно-технической документацией и методическими указаниями [16, 17].

«Биополицид» применяли согласно методики [18].

Процент прибавки урожайности и сбора эфирного масла рассчитывали по пропорции, где за 100 % принимали контроль.

Статистическую обработку полученных результатов проводили методом дисперсионного анализа [19] и с помощью программы Statistica 6.

### Результаты и их обсуждение

Определение параметров роста и развития, а также структуры урожая имеет важное значение для характеристики продуктивности растения в целом.

В результате двухлетних исследований какого-либо влияния стимулирующих препаратов на высоту и диаметр растений лаванды узколистной не выявлено. Однако при применении препарата «Биополицид» отмечено увеличение количества соцветий на 29 % по сравнению с контролем (406,74 штук/куст, контроль – 316,34 штук/куст) (таблица 1).

**Таблица 1 – Влияние стимуляторов роста растений на биологические параметры и структуру урожая лаванды узколистной сорта Степная (с. Крымская Роза, 2016–2017 гг.)**

Стимулирующий препарат	Параметр роста и развития			Параметр элементов структуры урожая	
	Высота растения, см	Диаметр растения, см	Количество соцветий, штук/растение	Длина соцветий, см	Количество мутовок, штук/соцветие
Контроль	54,68	88,32	316,34	6,33	5,04
«Кемира-Люкс»	55,78	88,47	368,90	6,87	5,26
«Фитоп-Флора-С»	55,51	90,30	374,03	7,81	5,57
«Эмистим Р»	54,44	87,80	376,33	6,92	5,26
«Биополицид»	54,32	90,93	406,74	7,69	5,48
НСР <sub>05</sub>	2,68	5,91	63,41	0,37	0,15

Положительное влияние стимуляторов роста растений выявлено на формирование длины соцветий, в особенности препаратов «Фитоп-Флора-С» и «Биополицид» (7,81 и 7,69 см соответственно, контроль – 6,33 см). В вариантах с препаратами «Кемира-Люкс» и «Эмистим Р» длина соцветий составила 6,87 см и 6,92 см соответственно. Однако не всегда данный параметр может характеризовать продуктивность растения, для лаванды узколистной более важным является количество мутовок в соцветии (основного маслосодержателя). Так, при некорневой подкормке препаратами «Фитоп-Флора-С» и «Биополицид» их количество составило 5,57 и 5,48 штук/соцветие, а при применении «Кемира-Люкс» и «Эмистим Р» – 5,26 и 5,26 штук/соцветие соответственно, что превышает контроль на 4,4–10,5 %.

Урожайность соцветий лаванды в 2016 г. была низкой, что связано с метеорологическими условиями, а именно с понижением температуры воздуха до 9 °С и ночными заморозками в фазе «начало бутонизации». Несмотря на это, на делянках с применением «Биополицида» урожайность соцветий была значительно большей, хотя и находилась в пределах ошибки опыта. А в 2017 г. прибавка урожайности лаванды узколистной в этом варианте опыта была достоверной и составила 31,3 % (5,04 т/га). Также в этом году отмечено увеличение урожайности на 25,1 % (5,04 т/га) при применении «Фитоп-Флора-С» (контроль – 4,03 т/га) (таблица 2).

**Таблица 2 – Влияние стимуляторов роста растений на урожайность лаванды узколистной сорта Степная, т/га (с. Крымская Роза)**

Вариант опыта	2016 г.		2017 г.		Среднее	Прибавка, %
	Урожайность, т/га	Прибавка, %	Урожайность, т/га	Прибавка, %		
Контроль	1,89	-	4,03	-	2,96	-
«Кемира-Люкс»	2,13	12,7	4,16	3,2	3,15	6,4
«Фитоп-Флора-С»	2,16	14,3	5,04	25,1	3,60	21,6
«Эмистим Р»	2,15	13,8	4,97	23,3	3,56	20,3
«Биополицид»	2,50	32,3	5,29	31,3	3,90	31,8
НСР <sub>05</sub>	0,77	-	0,97	-	-	-

При сборе эфирного масла лаванды в 2016 г. наблюдалась тенденция его увеличения в вариантах с применением микробиологического препарата «Биополицид» и регулятора роста растений «Эмистим Р». А в 2017 г. увеличение количества эфирного масла на делянках с применением «Биополицида» подтвердилось статистическим анализом и составило 44,4 % (53,29 кг/га).

При применении препарата «Фитоп-Флора-С» сбор эфирного масла увеличился на 41,3 % (52,17 кг/га, контроль – 36,91 кг/га) (таблица 3).

**Таблица 3 – Влияние стимуляторов роста растений на сбор эфирного масла лаванды узколистной сорта Степная, кг/га, при стандартной влажности (с. Крымская Роза)**

Вариант опыта	2016 г.		2017 г.		Среднее	Прибавка, %
	Сбор эфирного масла, кг/га	Прибавка, %	Сбор эфирного масла, кг/га	Прибавка, %		
Контроль	14,12	-	36,91	-	25,5	-
«Кемира-Люкс»	16,53	17,1	39,16	6,1	27,8	9,1
«Фитоп-Флора-С»	16,67	18,1	52,17	41,3	34,4	34,9
«Эмистим Р»	16,88	19,5	43,45	17,7	30,2	18,2
«Биополицид»	19,95	41,3	53,29	44,4	36,6	43,5
НСР <sub>05</sub>	6,63	-	11,88	-	-	-

Расчет экономической эффективности показал, что наиболее выгодно применение препарата «Биополицид» (таблица 4). Окупаемость затрат при его применении составляет 2,63 тыс. р.

**Таблица 4 – Экономическая эффективность применения некорневых подкормок стимуляторами роста растений при возделывании лаванды узколистной (2016-2017 гг.)**

Вариант	Прибавка к контролю, т/га	Затраты на применение технологии, тыс. р./га	Условно чистый доход, тыс. р./га	Окупаемость затрат, тыс. р.
«Кемира-Люкс»	2,3	6,4	4,1	0,64
«Фитоп-Флора-С»	8,9	12,6	27,9	2,21
«Эмистим Р»	4,7	9,2	12,2	1,33
«Биополицид»	11,1	13,9	36,6	2,63

Таким образом, микробиологический препарат «Биополицид» не только повышает урожайность соцветий и выход эфирного масла лаванды узколистной, но и является экономически целесообразным дополнением к технологии возделывания данной культуры.

#### Выводы

Для повышения урожайности и сбора эфирного масла лаванды узколистной сорта Степная оптимальным стимулятором роста является микробиологический препарат «Биополицид», который способствует увеличению количества соцветий в растении на 29 % (406,74 штук/куст, контроль – 316,34 штук/куст).

Тенденция увеличения урожайности в 2016 г. с применением препарата «Биополицид» подтвердилась в 2017 г. достоверной прибавкой на 31,3% (5,29 т/га) и увеличением сбора эфирного масла на 44,4 % (53,29 кг/га) соответственно (контроль – 36,91 кг/га).

Из всех стимулирующих препаратов «Биополицид» наиболее экономически выгоден. Окупаемость затрат при его применении составляет 2,63 тыс. р.

#### Литература

1. Данные таможенной статистики. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://stat.customs.ru/apex/f?p=201:7:3790776612628454::NO> (дата обращения 26.04.2018).
2. Мустяцэ Г. И., Боянжиу Л. Н. Возделывание эфирносов. Кишинев: Карта Молдовеняскэ,



3. Федорчук М. И., Ушкаренко В. А., Работягов В. Д. Эфиромасличные и лекарственные растения. Херсон: Айлант, 2003. 136 с.
4. Назаренко Л. Г., Бугаенко Л. А. Эфиромасличные, пряно-ароматические и лекарственные растения. Симферополь: Таврия. 2003. 201 с.
5. Гапиенко А. А., Кискачи А. В., Колянда Н. К. Определение доз и принципы применения удобрений // Сборник научных трудов Крымского СХИ. Т. 5. 1991. С. 155–165.
6. Гирко В. С., Сабадин Н. А. Фиторегуляторы нового поколения и спектры их действия на урожай озимой пшеницы и тритикале // Регуляторы роста и развития растений в биотехнологиях: 6-я Международная конференция. М.: МСХА, 2001. С. 224.
7. Исайчев В. А., Андреев Н. Н., Рахметулова И. Р., Липатова А. Г. Фотосинтетический потенциал растений озимой пшеницы под влиянием регуляторов роста и минеральных удобрений в условиях Среднего Поволжья // Аграрная наука – сельскому хозяйству: XII Международная конференция. Барнаул: Алтайский ГАУ, 2017. С. 127–128.
8. Мурсалимова Г. Р., Мережко О. Е., Кокарев Н. Ф. Эколого-биологические аспекты влияния регулятора роста растений «Мивал-Агро» и биоудобрения «Самород» на развитие растений яблони // Плодоводство и ягодоводство России. 2017. Т. 51. С. 278–281.
9. Петриченко В. Н., Колобов А. С. Изучение влияния регуляторов роста растений на качество и химический состав плодов столовой тыквы // Вестник РАЕН. 2014. № 6. С. 31–38.
10. Тишков Н. М., Дряхлов А. А. Влияние способов применения микроудобрений и регуляторов роста растений на продуктивность подсолнечника // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень ВНИИ масличных культур. 2008. № 2 (139). С. 37–39.
11. Мустаев Ф. А., Власова О. А., Умаров А. А. Влияние регулятора роста «Навруз» на физиолого-биохимические показатели растений и урожайность хлопчатника // Агрохимия. 2009. № 8. С. 30–34.
12. Карпова Г. А., Мазей Н. Г., Фролова Е. Ю. Динамика ростовых процессов растений гречихи под влиянием регуляторов роста и микроэлементов // Образование, наука, практика: инновационный аспект: Международная конференция. Пенза: Пензенский ГАУ, 2011. С. 12–14.
13. Алехин С. Н., Плотникова Т. В., Сидорова Н. В., Щерба М. С. Исследование влияния современных агрохимикатов и регуляторов роста растений на урожайность и качество табака // Сборник научных трудов ВНИИ табака, махорки и табачных изделий. 2012. № 180. С. 183–190.
14. Хомина В. Я., Циганкова В. А., Пономаренко С. П., Григорюк И. П. Влияние регуляторов роста «Биолан» и «Ивин» на продуктивность лекарственных растений // Биоресурсы и природопользование. 2013. Т. 5. № 3-4. С. 16–21.
15. Пушкина Г. П., Маланкина Е. Л., Тхаганов Р. Р., Морозов А. И. Эффективность применения регуляторов роста и микроудобрений на эфиромасличных культурах // Достижения науки и техники АПК. 2010. № 10. С. 17–20.
16. Методика полевых опытов по агротехнике эфиромасличных культур / Сборник научных трудов. Симферополь: ВНИИЭМК, 1972. 149 с.
17. Методические указания по полевым и вегетационным опытам с удобрениями на эфиромасличных культурах. Симферополь: ВНИИЭМК, 1984. 93 с.
18. Методы почвенной микробиологии и биохимии: учебное пособие. Под ред. Д. Г. Звягинцева. М.: изд-во МГУ, 1991. 304 с.
19. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта: (с основами статистической обработки результатов исследования). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

## References

1. The customs statistics. [Electronic resource]. Access point: <http://stat.customs.ru/apex/f?p=201:7:3790776612628454::NO> (reference's date 26/04/2018).
2. Mustyatse G. I., Boyanzhiu L. N. Cultivation of ether-bearing plants. Kichinev: Cartya Moldoveneasca, 1971. P. 34–40.
3. Fedorchuk M. I., Ushkarenko V. A., Rabotyagov V. D. Aromatic and medicinal plants. Kherson: Ailant, 2003. 136 p.
4. Nazarenko L. G., Bugaenko L. A. Oil-bearing, aromatic and medicinal plants. Simferopol: Tavria, 2003. 201 p.
5. Gapienko A. A., Kiskachi A. V., Kolyanda N. K. Determination of doses and application of fertilizers // Collection of scientific papers of Crimean agricultural Institute. Vol. 5. 1991. P. 155–165.
6. Girko V. S., Sabadin N. A. The regulators of the new generation spectra and their effect on the yield of winter wheat and triticale // Regulators of growth and development of plants in biotechnology: 6<sup>th</sup> International Conference. Moscow: MSAA, 2001. P. 224.

7. Isaichev V. A., Andreev N. N., Rakhmetulova I. R., Lipatova A. G. Photosynthetic potential of winter wheat plants under the influence of growth regulators and mineral fertilizers in the conditions of Middle Volga region // Agrarian science to agriculture: XII International Conference. Barnaul: Altai state agricultural university, 2017. P. 127–128.
8. Mursalimova G. R., Merezhko O. E., Kokarev N. F. Ecological and biological aspects of influence of the regulator of growth of plants of “Mival-Agro” and the “Samorod” biofertilizer on development of plants of the apple-tree // Pomiculture & small fruits culture in Russia. 2017. Vol. 51. P. 278–281.
9. Petrichenko V. N., Kolobov A. S. To study the effect of plant growth regulators on quality and chemical composition of fruits canteen gourd// Bulletin of the Russian Academy of Natural Sciences. No. 6. P. 31–38.
10. The effect of methods of application of microelements and plant growth regulators on sunflower productivity // Oil crops. Scientific and Technical Bulletin VNIIMK. 2008. No. 2 (139). P. 37–39.
11. Mustaev F. A., Vlasova O. A., Umarov A. A. Effect of the plant-growth regulator navruz on physiological and biochemical parameters and productivity of cotton plants // Agricultural chemistry. 2009. No. 8. P. 30–34.
12. Karpova G. A., Mazey N. G., Frolova E. Yu. Dynamics of growth processes of plants of the buckwheat under the influence of growth regulators and micronutrients // Education, science and practice: the innovative aspect of the International Conference. Penza: Penza state agricultural university, 2011. P. 12–14.
13. Aliokhin S. N., Plotnikova T. V., Sidorova N. V. Shcherba M. S. Study of influence of modern agrochemicals and plant growth regulators on yield and quality of tobacco // Collection of scientific works scientific research Institute of tobacco, makhorka and tobacco products. 2012. No. 180. P. 183–190.
14. Khomina V. Ya., Tsygankova V. A., Ponomarenko S. P., Grigoryuk I. P. Influence of growth regulators “Biolan” and “Ivin” on the productivity of medicinal plants // Biological Resources and Nature Management. 2013. Vol. 5. No. 3-4. P. 16–21.
15. Pushkin G. P., Manankina E. L., Taganov R. R., Morozov A. I. Efficiency of application of growth regulators and micronutrients on oil-bearing crops // Achievements of Science and Technology of AIC. 2010. No. 10. P. 17–20.
16. Methods of field experiments on cultivation of oil-bearing crops // Collection of scientific works. – Simferopol, All-Union Research Institute of Essential Oil Crops (VNIEMK). 1972. 149 p.
17. Guidelines for field and vegetation experiments with fertilizers on essential oil crops. Simferopol, All-Union Research Institute of Essential Oil Crops (VNIEMK). 1984. 93 p.
18. Methods of soil Microbiology and biochemistry: a training manual. Ed. by Zvyagintsev D. G. Moscow: Publishing house of MGU, 1991. 304 p.
19. Dospekhov B. A. Methods of field research (with the basics of statistical processing of research results) Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p.

UDC 631.535.633.812.754

Skipor O. B., Savchenko M. V., Umanets N. N.

#### **EFFICIENCY OF DIFFERENT PLANT GROWTH STIMULANTS IN THE TECHNOLOGY OF GROWING NARROW-LEAVED LAVENDER UNDER THE CONDITIONS OF THE FOOTHILL ZONE OF THE CRIMEA**

**Summary.** *The article presents the results of studies the efficiency of use and influence of plant growth stimulants of different origin (complex mineral fertilizer (CMF) “Kemira-Lyuks”, peat-humic fertilizer (PHF) “Fitop-Flora-S”, plant growth regulator (PGR) “Emistim P” and microbiological preparation (MP) “Biopolitsyd”) on the parameters of growth and development, crop structure and productivity of narrow-leaved lavender cultivar Stepnaya. The experiments were carried out in agronomic crop rotation of the Department of aromatic and medicinal plants of FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea” in v. Krymskaya Rosa, Belogorsky district, Republic of Crimea. The long-term stationary experiment was laid in 2004. Total area of test plot was 1600 m<sup>2</sup>. The square of the elementary working plot was 12 m<sup>2</sup>. The replication was triple. The preparations were used twice during the growing season (phase “budding” and post-harvest period – “second wave of growth”) by spraying plants. The aim of the work was to determine the optimal plant growth stimulator to increase the yield of narrow-leaved lavender cultivar Stepnaya, as well as to determine the influence of plant growth stimulants*

on biological parameters, crop structure, yield and collection of essential oil per unit. The studies revealed an increase in the number of inflorescences by 29 % after application MP "Biopolitsyd" (406.74 pcs./bush, control – 316.34 pcs./bush). The positive effect of growth stimulants on the parameters was also noted on crop structure: the length of inflorescences increased (PHF "Fitop-Flora-S" – 7.81 cm, MP "Biopolitsyd" – 7.69 cm, CMF "Kemira-Lyuks" – 6.87 cm, PGR "Emistim R" – 6.92 cm; control of 6.33 cm), and the number of whorls in inflorescences grew (5.48, 5.26, 5.57, 5.26 pcs./infl. respectively; control – 5.04 pcs./infl.). The trend of increasing the yield and the collection of essential oil in 2016 with the use of MP "Biopolitsyd" was confirmed in 2017 by a reliable increase of 25 % (5.04 t/ha) and 44 % (53.29 kg/ha), respectively (control – 36.91 kg/ha).

**Keywords:** narrow-leaved lavender *Stepnaya*, plant growth stimulants, microbiological preparation, organic farming, crop structure, productivity of aromatic plants.

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

Савченко Марина Вячеславовна, младший научный сотрудник отдела эфиромасличных и лекарственных культур ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295493, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: shell0709@mail.ru.

Уманец Николай Никифорович, научный сотрудник отдела эфиромасличных и лекарственных культур ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295493, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150.

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

Savchenko Marina Vyacheslavovna, junior researcher of the Department of aromatic and medicinal plants, FSBSI "Research Institute of Agriculture of Crimea", 150 Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295453, Russia; e-mail: shell0709@mail.ru.

Umanets Nikolay Nikiforovich, researcher of the Department of aromatic and medicinal plants, FSBSI "Research Institute of Agriculture of Crimea", 150 Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295453, Russia.

*Дата поступления в редакцию – 06.04.2018.*

*Дата принятия к печати – 25.05.2018.*

DOI 10.25637/TVAN.2018.02.12.

УДК 633.81:57.085.2

Тевфик А.Ш., Егорова Н.А., Загорская М.С.

**ОСОБЕННОСТИ МОРФОГЕНЕЗА ЭКСПЛАНТОВ  
ТИМЬЯНА ОБЫКНОВЕННОГО НА ПЕРВОМ ЭТАПЕ КЛОНАЛЬНОГО  
МИКРОРАЗМНОЖЕНИЯ**

ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»

**Реферат.** Цель исследования – получение асептической культуры *in vitro* и изучение влияния типа экспланта и состава питательной среды на морфогенез эксплантов на первом этапе клонального микроразмножения *Thymus vulgaris* L. В изолированную культуру вводили верхушки побегов и сегменты стебля с узлом (8–10 мм). В статье представлены результаты исследований по стерилизации и культивированию эксплантов на двенадцати вариантах питательной среды Мурасиге и Скуга. Установлено, что последовательная стерилизация 70 % этанолом (40 сек.) и 0,3 % раствором препарата «ДезТаб» (3 мин) позволила получить максимальное количество стерильных (94,2 %) и жизнеспособных (90,5 %) эксплантов. При изучении влияния гормонального состава питательной среды на морфометрические показатели эксплантов выявлено лучшее развитие эксплантов при культивировании на средах, содержащих кинетин, по сравнению с БАП и ТДЗ. Установлено, что оптимальной питательной средой на этапе введения является среда МС с 1,0 мг/л кинетина и 1,0 мг/л ГКз, на которой были получены микропобеги длиной 1,7–2,0 см с 2,2–2,9 узлами. Анализ влияния типа экспланта показал, что из верхушек побегов на большинстве питательных сред развивались более длинные микропобеги с большим числом узлов по сравнению с сегментами стебля с узлом. Однако количество побегов, формирующихся из эксплантов верхушек, было меньше, чем из сегментов стебля. Результаты исследований являются основой для разработки методики клонального микроразмножения *Thymus vulgaris* L.

**Ключевые слова:** *Thymus vulgaris*, клональное микроразмножение, эксплант, *in vitro*.

### Введение

Тимьян обыкновенный (*Thymus vulgaris* L.) ценное эфиромасличное, лекарственное и пряно-ароматическое растение, которое издавна используется в терапии различных заболеваний. Особенный интерес к данной культуре обуславливается наличием в эфирном масле этого растения тимола, который имеет антимикробную и антимикотическую активность [1–4]. Кроме того, при использовании эфирного масла тимьяна происходит лучшее проникновение антибиотиков, что позволяет снизить дозы этих препаратов, а в некоторых случаях и заменить их благодаря бактерицидному действию фенольных соединений. Настои из растительного сырья тимьяна применяют при заболеваниях органов дыхания, в качестве отхаркивающего средства, для снятия спазмов желудочно-кишечного тракта [5]. Эфирное масло тимьяна используют как обезболивающее средство при ревматизме, артрите, мышечных болях. Кроме того, известно об антиоксидантном действии этого эфирного масла [6].

В ФГБУН «НИИСХ Крыма» проводят селекционную работу по получению новых сортов тимьяна, в процессе которой необходимо быстро размножить единичные перспективные образцы, обладающие комплексом полезных признаков. В связи с этим весьма актуально применение биотехнологических методов, позволяющих в условиях *in vitro* в более короткие сроки размножить ценный селекционный материал в достаточном количестве для его дальнейшего изучения. Наряду с этим, клональное

размножение – высокоэффективная экологически чистая технология в сельском хозяйстве, которая широко используется на практике и имеет много преимуществ – получение генетически однородного посадочного материала, оздоровление растений от различных инфекций и создание депонированных коллекций *in vitro* [7]. Однако при введении в культуру *in vitro* тимьяна и дальнейшем культивировании исследователи часто сталкивались с высокой частотой контаминации эксплантов у *Thymus moroderi* Pau ex Martinez [8], *Thymus bleicherianus* Pomel [9], *Thymus caespititius* Brot. [10], большим количеством потемневших эксплантов, что обусловлено высокой концентрацией фенольных соединений, тормозящих их развитие *in vitro* [8, 9], низкой приживаемостью и витрификацией побегов. Анализ литературных источников показал, что сведения о приемах микроразмножения тимьяна *in vitro* достаточно противоречивы. Кроме того, биотехнологические исследования проводятся в основном с видами тимьяна, которые не выращивают в нашем регионе: *Thymus mastichina* [11], *Thymus hyemalis* Lange [12], *Thymus serpyllum* L. [13], *Thymus broussonetii* Boiss. [14], *T. moroderi* [8], *Th. bleicherianus* [9], *Thymus syriacus* Boiss., *Thymus fruticosus* (L.) Link, *Thymus majorana* (L.) Kuntze, *Thymus capitatus* (L.) Hoffmans & Link [15], *Thymus persicus* (Roniger ex Reach F.) Jalas [16].

В связи с этим **цель исследования** – получение асептической культуры и изучение влияния типа экспланта и состава питательной среды на развитие эксплантов на первом этапе клонального микроразмножения *Thymus vulgaris in vitro*.

#### Материалы и методы

Материалом для исследований служили ткани и органы растений тимьяна обыкновенного (*Thymus vulgaris* L.) образца №20841 из коллекции ФГБУН «НИИСХ Крыма». В качестве первичных эксплантов использовали верхушки побегов (ВП) и сегменты стебля с узлом (У) длиной 8–10 мм. В работе использовали общепринятые методы культуры органов и тканей растений [17, 18]. Для стерилизации растительного материала использовали следующие антисептики: «Фармасепт» – 96 %  $C_2H_5OH$  («Виват», Украина); «Брадофен 10Н» («ФЛОРИН АО», Венгрия), «Белизна» – 7 %  $NaOCl$  («Пензхимпром», Россия), «Доместос» – 5 %  $NaOCl$  («Юнилевер Русь», Россия); «ДезТаб» – 43 %  $C_3O_3N_3Cl_3$ , 20 %  $NaC_3O_3N_3Cl_2$  («Ахлор Донге ЛТД», КНР). Экспланты культивировали на различных модификациях питательной среды Мурасиге и Скуга (МС) [19] с добавлением тидиазурона (ТДЗ), гибберелловой кислоты (ГК<sub>3</sub>), кинетина, БАП и ИУК («Sigma», США) в пробирках, закрытых фольгой. Культивирование проводили в культуральной комнате при температуре 24–26 °С, относительной влажности воздуха 70 % и освещенности 2000–3000 люкс с фотопериодом 16 часов. На 40-е сутки культивирования определяли морфометрические параметры развивающихся эксплантов (частоту множественного побегообразования, количество и длину побегов, количество узлов на побег и др.). Коэффициент размножения рассчитывали как произведение количества побегов на количество узлов на побеге. В каждом варианте опыта анализировали не менее 30 эксплантов, повторность опыта двух-трехкратная. Статистическую обработку данных проводили согласно стандартным методам [20], с использованием пакета программ Microsoft Office (Excel 2010).

#### Результаты и их обсуждение

Отсутствие патогенов – основное требование при введении первичного экспланта в условия *in vitro*, что обычно достигается поверхностной стерилизацией исходного растительного материала дезинфицирующими средствами. Подобранное вещество, обладающее стерилизующим эффектом, должно не только освобождать экспланты от контаминации, но и максимально сохранять жизнеспособность клеток растения [21]. Сведения о получении асептической культуры эксплантов тимьяна



весьма противоречивы относительно типов, концентраций и экспозиций стерилизующих веществ [8, 13, 15, 16]. В наших экспериментах мы использовали ступенчатую стерилизацию: вначале обработку 70 % этанолом (40 сек.), а затем обработку одним из стерилизующих веществ (таблица 1).

**Таблица 1 – Влияние вариантов стерилизации на количество стерильных и жизнеспособных эксплантов тимьяна *in vitro***

Стерилизующий препарат*	Концентрация, %	Экспозиция, мин	Количество стерильных эксплантов, %	Количество жизнеспособных эксплантов, %
«Брадофен»	33	10	17,1 ± 1,8	0,0
	50	10	20,4 ± 1,9	0,0
	66	10	58,2 ± 5,2	0,0
«Белизна»	100	8	40,3 ± 4,1	10,2 ± 1,0
		10	42,0 ± 3,9	9,6 ± 1,1
		12	63,1 ± 6,6	0,0
«Доместос»	50	5	42,1 ± 3,4	38,4 ± 3,1
		7	50,8 ± 5,5	34,1 ± 3,3
		10	59,8 ± 5,6	19,1 ± 1,1
		12	62,2 ± 6,5	22,9 ± 2,7
	100	3	78,2 ± 6,7	28,2 ± 2,2
		5	90,8 ± 8,8	10,3 ± 0,9
		7	91,3 ± 7,7	6,5 ± 0,6
«ДезТаб»	3	3	94,2 ± 8,4	90,5 ± 9,6
	5	5	95,9 ± 9,9	79,3 ± 7,8

\*Примечание: экспланты предварительно выдерживали в 70% этаноле в течение 40 сек.

Изучение влияния 12 вариантов стерилизации на количество стерильных и жизнеспособных эксплантов тимьяна показало, что стерилизующие вещества значительно отличались по своему действию на растительный материал. Так, во всех вариантах с препаратом «Брадофен» отметили 100 % потемнение эксплантов уже на вторые-шестые сутки. Использование «Белизны» способствовало сохранению жизнеспособности до пяти-десяти суток. Однако практически все режимы стерилизации с этим веществом также полностью подавляли развитие эксплантов. При стерилизации «Доместосом» получены жизнеспособные экспланты, однако их количество не превышало 6,5–38,4 %. Установлено, что оптимальные результаты (94,2 % стерильных эксплантов и 90,5 % жизнеспособных эксплантов) получены при последовательной стерилизации 70 % этанолом (40 сек.) и 0,3 % раствором препарата «ДезТаб» (3 мин).

В зарубежных публикациях сообщается об использовании в составе среды поливинилпирролидона [9], аскорбиновой и лимонной кислоты [11] для преодоления проявлений окисления фенольных соединений при введении эксплантов *in vitro*. В наших исследованиях мы использовали погружение эксплантов тимьяна в раствор аскорбиновой кислоты (300 мг/л) перед помещением на питательную среду, однако эта обработка не была эффективной. Тем не менее, существенного потемнения питательной среды при выделении фенольных соединений не отметили.

При введении в культуру *in vitro* через две-три недели у испытанных типов эксплантов (сегментов стебля с узлом и верхушек побегов) наблюдали развитие основного или пазушных побегов, индукцию адвентивных почек и побегов. Кроме того, на некоторых питательных средах отмечены единичные проявления каллусообразования (Т26 и Т31) и ризогенеза (Т17 и БГ).

Судя по литературным данным, некоторые виды тимьяна хорошо развивались на безгормональной питательной среде [8, 13, 22]. В ходе наших экспериментов

получены низкие показатели развившихся сегментов стебля с узлом (62,2 %) и верхушек побега (78,3 %), а также частота множественного побегообразования (69,1 % и 80,3 %, соответственно) на питательной среде без регуляторов роста (рисунок 1, 2А). Вместе с тем при культивировании эксплантов на безгормональной среде получены микропобеги с 2,3 (из верхушек побегов) и 1,7 (из сегментов стебля с узлом) узлами, но с небольшим количеством побегов на эксплант – 1,2 и 1,8 шт./эксплант, что снижало коэффициент размножения на первом этапе клонального микроразмножения.

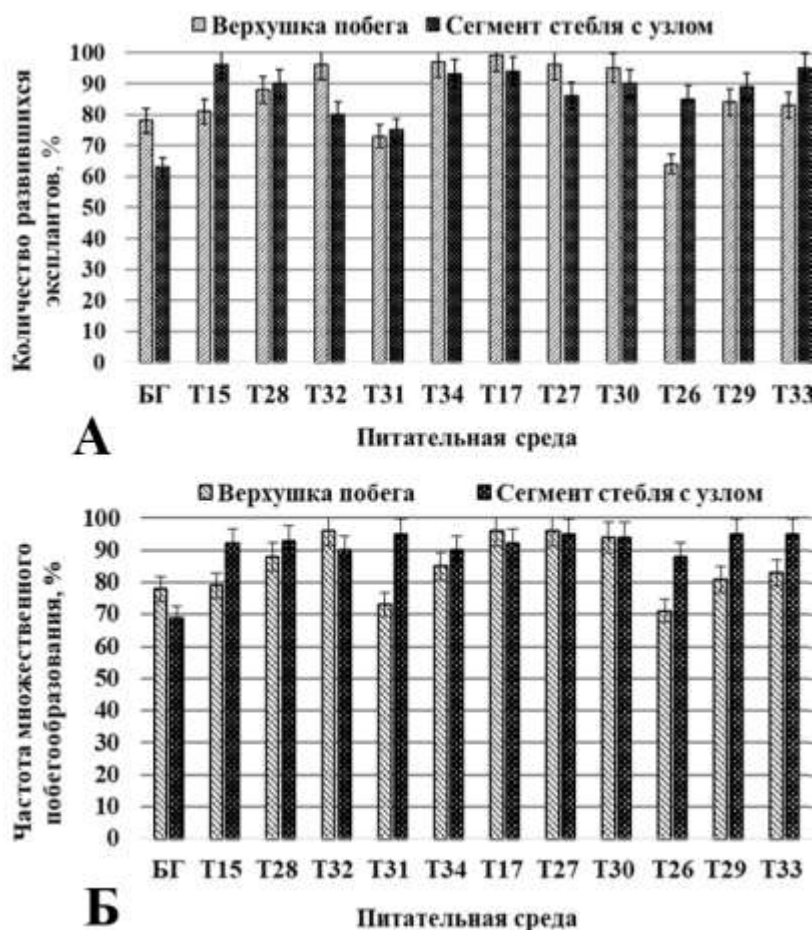
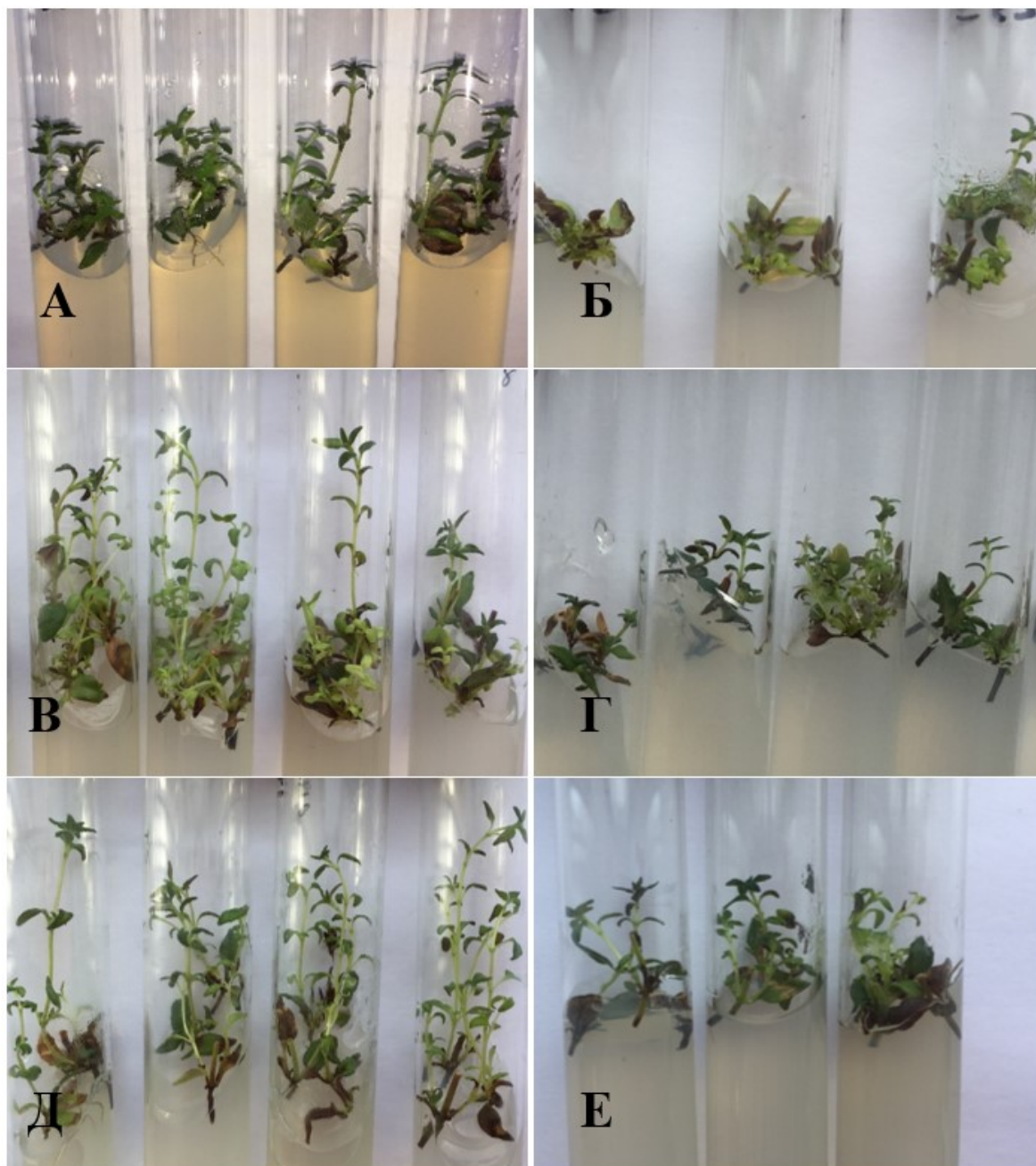


Рисунок 1 – Влияние типа экспланта и состава питательной среды на количество развившихся эксплантов (А) и частоту множественного побегообразования (Б) при культивировании тимьяна *in vitro*

Примечание: состав питательных сред см. в таблице 2.

В ходе проведения экспериментов проанализировано влияние трех цитокининов (БАП, ТДЗ и кинетин) при их введении в питательную среду совместно с ИУК и ГК<sub>3</sub> (таблица 2). Изучаемые в работе типы и концентрации регуляторов роста выбраны на основании наших предварительных исследований. Максимальное количество побегов на эксплант (3,1–3,4 шт.) выявлено на средах с БАП – Т15, Т28 и ТДЗ – Т29 (только у сегментов стебля с узлом). Однако большинство полученных микропобегов на этих и других питательных средах, содержащих БАП и ТДЗ, были витрифицированными, имели желто-зеленую окраску, укороченные междоузлия или длину до 0,9 см (рисунок 2), что не позволяло их использовать для дальнейшего субкультивирования.



**Рисунок 2 – Экспланты тимьяна на 40 сут культивирования на различных питательных средах: БГ (А); Т29 (Б); Т15 (В); Т31 (Г); Т17 (Д); Т26 (Е)**

*Примечание: состав питательных сред см. в таблице 2.*

При применении более низкой концентрации БАП (Т32) отмечена большая длина побегов и число узлов. Совместное добавление в питательную среду БАП, ИУК и ГК<sub>3</sub> (Т31) значительно снижало количество развившихся эксплантов и число образовавшихся побегов на эксплант. Следует отметить, что при использовании питательных сред, содержащих ТДЗ, экспланты начинали развиваться на 25–28 сутки после введения, тогда как на средах, содержащих кинетин и БАП, этот процесс начинался на 8–15 сутки. Более длительное культивирование на средах Т29 и Т33 (30 суток) вызывало активное множественное побегообразование.

В результате исследований на всех питательных средах, содержащих один цитокинин – кинетин, получено максимальное количество регенерировавших микропобегов из верхушек побегов (95,1–98,2 %). Подобная тенденция наблюдалась и при изучении зависимости множественного побегообразования от состава питательной среды (см. рисунок 1Б). Вместе с тем, культивирование эксплантов на содержащих кинетин питательных средах (Т17, Т30) позволило получить темно-зеленые микропобеги длиной 2–2,5 см с 2,1–3,6 узлами (см. рисунок 2Д). При этом на питательной среде Т30 отмечены максимальные значения длины побегов и количества узлов на побег. Однако в связи с тем, что количество образовавшихся побегов на эксплант на среде с ИУК было невысоким (1,1–1,8 штук), коэффициент размножения при культивировании верхушечных почек на среде Т17 был выше.

**Таблица 2 – Влияние типа экспланта и состава питательной среды на развитие эксплантов при введении в культуру *in vitro* тимьяна**

№ питательной среды	Регуляторы роста в среде МС, мг/л	Количество побегов на эксплант, шт.		Длина побегов, см		Количество узлов на побег, шт.	
		ВП	У	ВП	У	ВП	У
БГ	–	1,2 ± 0,07	1,8 ± 0,1	1,6 ± 0,1	0,8 ± 0,1	2,3 ± 0,2	1,7 ± 0,1
Т15	БАП – 1,0; ГК <sub>3</sub> – 1,0	3,1 ± 0,3	3,2 ± 0,3	0,8 ± 0,1	0,6 ± 0,1	1,3 ± 0,2	1,1 ± 0,1
Т28	БАП – 2,0; ГК <sub>3</sub> – 2,0	3,3 ± 0,3	3,4 ± 0,3	0,7 ± 0,1	0,7 ± 0,1	1,3 ± 0,2	1,2 ± 0,1
Т32	БАП – 0,5; ГК <sub>3</sub> – 1,0	2,1 ± 0,2	2,3 ± 0,1	1,5 ± 0,2	0,9 ± 0,1	2,4 ± 0,3	1,7 ± 0,1
Т31	БАП – 1,0; ИУК – 0,5; ГК <sub>3</sub> – 1,0	1,2 ± 0,1	2,1 ± 0,1	0,9 ± 0,1	0,3 ± 0,1	1,6 ± 0,2	1,2 ± 0,1
Т26	БАП – 1,0; кинетин – 1,0; ГК <sub>3</sub> – 1,0	2,0 ± 0,2	2,6 ± 0,2	1,2 ± 0,2	0,6 ± 0,1	2,2 ± 0,1	1,4 ± 0,1
Т17	кинетин – 1,0; ГК <sub>3</sub> – 1,0	2,2 ± 0,2	1,9 ± 0,1	2,0 ± 0,2	1,7 ± 0,1	2,9 ± 0,2	2,2 ± 0,2
Т27	кинетин – 2,0; ГК <sub>3</sub> – 1,0	2,1 ± 0,3	2,2 ± 0,3	1,8 ± 0,3	1,5 ± 0,2	1,9 ± 0,2	1,7 ± 0,1
Т34	кинетин – 3,0; ГК <sub>3</sub> – 1,0	1,2 ± 0,1	1,8 ± 0,1	1,5 ± 0,1	1,3 ± 0,1	2,2 ± 0,2	1,9 ± 0,1
Т30	кинетин – 1,0; ИУК – 0,5; ГК <sub>3</sub> – 1,0	1,1 ± 0,1	1,8 ± 0,1	2,6 ± 0,1	1,2 ± 0,1	3,6 ± 0,2	2,1 ± 0,2
Т29	ТДЗ – 1,0; ГК <sub>3</sub> – 1,0	1,8 ± 0,1	3,2 ± 0,3	0,7 ± 0,1	0,3 ± 0,1	1,4 ± 0,4	1,1 ± 0,1
Т33	ТДЗ – 0,5; ГК <sub>3</sub> – 1,0	1,9 ± 0,2	2,3 ± 0,1	0,9 ± 0,1	0,7 ± 0,1	1,7 ± 0,1	1,2 ± 0,1

*Примечание:* ВП – верхушки побегов; У – сегмент стебля с узлом.

Показано, что совместное применение БАП и кинетина (среда Т26) также способствовало образованию у основания эксплантов множества мелких побегов, не способных в дальнейшем регенерировать в полноценные побеги с несколькими узлами (см. рисунок 2Е). При этом на питательной среде, содержащей два цитокинина, отметили большую длину побегов (1,2 см), полученных из верхушек побегов, по сравнению с побегами, которые культивировались на средах только с БАП (Т15, Т28, Т31).

Таким образом, наши исследования показали, что для получения полноценных побегов для дальнейшего субкультивирования необходимо добавление в питательную среду кинетина. Применение данного регулятора роста позволило получить высокие показатели длины эксплантов и количества узлов на побег и таким образом размножить *T. vulgaris*, используя методы микрочеренкования, а также адвентивного побегообразования. Поэтому для лучшего развития эксплантов и последующего размножения на этапе введения необходимо использовать



питательную среду T17, содержащую 1,0 мг/л кинетина и 1,0 мг/л ГК<sub>3</sub>. Однако анализ научных публикаций показал, что для большинства видов тимьяна требовалось добавление в питательную среду другого цитокинина – БАП. Так, некоторые зарубежные ученые на первом этапе микроразмножения максимальные морфометрические показатели получили при использовании среды с 0,1-2,0 мг/л БАП [9, 11, 16] или этого гормона совместно с 0,2 мг/л НУК [14].

Изучение влияния типа экспланта на частоту множественного побегообразования показало, что сегменты стебля с узлом и верхушки побегов имели различия при культивировании на питательных средах, содержащих разные цитокинины. Так, сегменты стебля с узлом характеризовались более высокой частотой множественного побегообразования на средах с 1,0 мг/л БАП или 0,5–1,0 мг/л ТДЗ (90,1–95,5 %) по сравнению с верхушками побегов (79,3–84,4 %). Вместе с тем, при культивировании на питательных средах с кинетином существенных различий по частоте множественного побегообразования у изучаемых типов эксплантов не отметили (см. рисунок 1).

На большинстве питательных сред из верхушек побегов развивалось меньшее число микропобегов, но с большей длиной и количеством узлов по сравнению с сегментами стебля с узлом (см. таблицу 2). Однако при сравнении коэффициентов размножения у изучаемых эксплантов практически на всех питательных средах существенных различий не отметили. В связи с этим использование двух типов эксплантов целесообразно для клонального микроразмножения тимьяна, так как позволяет получить больше эксплантов с одного растения и быстрее размножить ценные образцы.

### Выводы

В результате исследований выявлены особенности морфогенеза эксплантов тимьяна обыкновенного на этапе введения в культуру *in vitro* в зависимости от типа экспланта и состава регуляторов роста в питательной среде.

Установлено, что последовательная стерилизация 70 % этанолом (40 сек.) и 0,3 % раствором препарата «ДезТаб» в течение 3 мин позволила получить максимальное количество стерильных (94,2 %) и жизнеспособных (90,5 %) эксплантов.

Изучение влияния двенадцати модификаций питательной среды Мурасиге и Скуга на развитие эксплантов тимьяна показало, что при их культивировании на питательных средах с БАП и ТДЗ образовывалось от 1,2 до 3,2 мелких витрифицированных почек, неспособных регенерировать в полноценные микропобеги.

Выявлена эффективность использования для введения *in vitro* верхушек побегов и сегментов стебля питательной среды МС с добавлением 1,0 мг/л кинетина и 1,0 мг/л ГК<sub>3</sub>. При сравнении морфогенетического потенциала двух типов эксплантов установлено, что из верхушек побегов развивалось меньшее число микропобегов, но с большей длиной и количеством узлов по сравнению с сегментами стебля с узлом.

*Авторы выражают благодарность старшему научному сотруднику ФГБУН «НИИСХ Крыма» Платоновой Татьяне Витальевне за любезно предоставленный растительный материал.*

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, грант № 18-416-910008 p\_a.*



## Литература

1. Старчак Ю. А., Бубенчикова А. Н. Антимикробная активность водных извлечений и эфирных масел тимьянов флоры средней полосы европейской части России // Ученые записки Орловского государственного университета. 2014. № 6 (62). С. 144–147.
2. Паштецкий В. С., Невкрытая Н. В., Мишнев А. В., Назаренко Л. Г. Эфиромасличная отрасль Крыма. Вчера, сегодня, завтра. Симферополь: ИТ «Ариал», 2017. 244 с.
3. Javed H., Erum Sh., Tabassum S., Ameen F. An overview on medicinal importance of *Thymus vulgaris* // Journal of Asian Scientific Research. 2013. Vol. 3. No. 10. P. 974–982.
4. Leal F., Taghouti M., Nunes F., Silva A., Coelho A. C., Matos M. Thymus plants: a review micropropagation, molecular and antifungal activity // Active ingredients from aromatic and medicinal plants. Chapter 7. Pr. Croatia: National and University Library in Zagreb, 2017. P. 107–126.
5. Дудченко Л. Ароматы здоровья. Киев: Глобус, 1997. 152 с.
6. Алинкина Е. С. Мишарина Т. А., Фаткуллина Л. Д. Антирадикальные свойства эфирных масел орегано, тимьяна и чабера // Прикладная биохимия и микробиология. 2013. Т. 49, № 1. С. 82–87.
7. Калашникова Е. А. Клеточная инженерия растений: Учебное пособие. М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2012. 318 с.
8. Marco-Medina A., Casas J. L. *In vitro* multiplication and essential oil composition of *Thymus moroderi* Pau ex Martinez, an endemic Spanish plant // Plant Cell Tiss Organ Cult. 2015. Vol. 120. P. 99–108.
9. Nordine A., Meskaoui A. Rapid *in vitro* regeneration and clonal multiplication of *Thymus bleicherianus* Pomel, a rare and threatened medicinal and aromatic plant in Morocco // Med Aromat Plants. 2014. Vol. 3. No. 1. P. 145.
10. Mendes M. L. Molecular and biotechnological approaches to essential oils production in *Thymus caespitosus* especialmente // elaborada para a obtenção do grau de doutorem Biologia, na especialidade de Biotecnologia. 2014. 140 p.
11. Mendes M., Romano A. *In vitro* cloning of *Thymus mastichina* L. field-grown plants // Acta Hort. 1999. No. 502. P. 303–306.
12. Nordine A., Bousta D., Khanchoufi A., Meskaoui A. An efficient and rapid *in vitro* propagation system of *Thymus huemalis* Lange, a wild medicinal and aromatic plant of Mediterranean region // Int. J. Pharm. Biosci. Technol. 2013. Vol. 1. No. 3. P. 118–129.
13. Пат. 29919 Республика Казахстан, МПК АО1Н 4/00. Способ микрклонального размножения тимьяна ползучего (*Thymus serpyllum* L.) *in vitro*. Кириллов В. Ю., Стихарева Т. Н., Муканов Б. М., Манабаева А. У., Дауленова М. Ж.; заявитель и патентообладатель ТОО «Казахский научно-исследовательский институт лесного хозяйства и агролесомелиорации». – №2014/0889.1; заявл. 30.06.2014 (45); опубл. 15.06.2015, Бюл. № 6. 4 с.
14. Nordine A., Bousta D., Meskaoui A. *In vitro* clonal propagation through direct shoot organogenesis of *Thymus broussonetii* – a vulnerable aromatic and medicinal plant species // IJPRBS. 2014. Vol. 3, No. 1. P. 425–439.
15. Raed Alcowni, Estra Solyman, Hassan Abu Qauod. Introducing some of threatened *Thymus* species to *in vitro* tissue culturing as an approach for their conservation // Pak. J. Bot. 2017. Vol. 49. No. 1. P. 259–264.
16. Bakhtiar Z., Mirjalili M. H., Sonboli A. *In vitro* callus induction and micropropagation of *Thymus persicus* (Lamiaceae), an endangered medicinal plant // Crop Breeding and Applied Biotechnology. 2016. Vol. 16. P. 48–54.
17. Калинин Ф. Л., Сарнацкая В. В., Полищук В. Е. Методы культуры тканей в физиологии и биохимии растений. К.: Наукова думка. 1980. 488 с.
18. Калашникова Е. А., Кочиева Е. З., Миронова О. Ю. Практикум по сельскохозяйственной биотехнологии (Учебник и учеб. пособия для студентов высших учеб. заведений). М.: Колос С, 2006. 144 с.
19. Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant*, 1962. Vol. 15, No. 3, P. 473–497.
20. Лакин Г. Ф. Биометрия: Учеб. пособие для биол. спец. вузов. М.: Высш. шк., 1990. 352 с.
21. Бутенко Р. Г. Биология клеток высших растений *in vitro* и биотехнологии на их основе: учебное пособие. М.: ФБК-ПРЕСС, 1999. 160 с.
22. Coelho N. R. *In vitro* propagation protocol for *Thymus lotocephalus* // Cryopreservation as a tool for preserving genetic variability of endangered species endemic from Algarve region in Tese para obtenção do grau de Doutorem Ciências Biológicas (Especialidade em Biotecnologia) Faro. 2014. P. 43–54.

## References

1. Starchak Yu. A., Bubenchikova V. N. Antimicrobial activity of aqueous extracts and essential oils of Thymes flora middle zone of European part of Russia // Scientific Notes of Orel State University. Vol. 6. No. 62. 2014. P. 144–147.
2. Pashtetskii V. S., Nevkrytaya N. V., Mishnev A. V., Nazarenko L. G. Essential oil industry in the Crimea. Yesterday, today, tomorrow. Simferopol: IT Arial, 2017. 244 p.

3. Javed H., Erum Sh., Tabassum S., Ameen F. An overview on medicinal importance of *Thymus vulgaris* // Journal of Asian Scientific Research. 2013. Vol.3, No. 10. P. 974-982.
4. Leal F., Taghouti M., Nunes F., Silva A., Coelho A.C., Matos M. Thymus plants: a review micropropagation, molecular and antifungal activity // Active ingredients from aromatic and medicinal plants. Chapter 7. Pr. Croatia: National and University Library in Zagreb, 2017. P. 107–126.
5. Dudchenko L. Aromaty zdorovja [Health fragrances], Kiev: Globus, 1997. 152 p. (in Russ.).
6. Alinkina E.S., Misharina T.A., Fatkullina L.D. Antiradical properties of oregano, thyme, and savory essential oils // Applied Biochemistry and Microbiology. 2013. Vol. 49, No. 1. P. 82–87.
7. Kalashnikova E. A. Cell engineering of plants: Textbook. M.: Publishing house RGAU-MSHA, 2012. 318 p.
8. Marco-Medina A., Casas J. L. In vitro multiplication and essential oil composition of *Thymus moroderi* Pau ex Martinez, an endemic Spanish plant // Plant Cell Tiss Organ Cult. 2015. Vol. 120. P. 99–108.
9. Nordine A., Meskaoui A. Rapid in vitro regeneration and clonal multiplication of *Thymus bleicherianus* Pomel, a rare and threatened medicinal and aromatic plant in Morocco // Med Aromat Plants. 2014. Vol. 3. No. 1. P. 145.
10. Mendes M.L. Molecular and biotechnological approaches to essential oils production in *Thymus caespititius* especialmente // elaborada para obtenção do grau de doutorem Biologia, na especialidade de Biotecnologia. 2014. 140 p.
11. Mendes M., Romano A. In vitro cloning of *Thymus mastichina* L. field-grown plants // Acta Hort. 1999. No. 502. P. 303–306.
12. Nordine A., Bousta D., Khanchoufi A., Meskaoui A. An efficient and rapid in vitro propagation system of *Thymus huemalis* Lange, a wild medicinal and aromatic plant of Mediterranean region // Int. J. Pharm. Biosci. Technol. 2013. Vol. 1. No. 3. P. 118–129.
13. Pat. 29919 Republic of Kazakhstan, IPC AO1H 4/00. The method of microclonal reproduction of thyme creeping (*Thymus serpyllum* L.) in vitro. Kirillov V. Yu., Stikhareva T. N., Mukanov B. M., Manabaeva A. U., Daulenova M. Zh.; applicant and patent owner of LLP Kazakh Research Institute of Forestry and Agroforestry. №2014 / 0889.1; claimed. 30.06.2014 (45); publ. 15.06.2015, Bul. No. 6. 4 p.
14. Nordine A., Bousta D., Meskaoui A. In vitro clonal propagation through direct shoot organogenesis of *Thymus broussonetii* – a vulnerable aromatic and medicinal plant species // IJPRBS. 2014. Vol. 3. No. 1. P. 425–439.
15. Raed Alcowni, Estra Solyman, Hassan Abu Qauod Introducing some of threatened *Thymus* species to in vitro tissue culturing as an approach for their conservation // Pak. J. Bot. 2017. Vol. 49. No. 1. P. 259–264.
16. Bakhtiar Z., Mirjalili M. H., Sonboli A. In vitro callus induction and micropropagation of *Thymus persicus* (Lamiaceae), an endangered medicinal plant // Crop Breeding and Applied Biotechnology. 2016. Vol.16. P. 48–54.
17. Kalinin F. L., Sarnatskaya V. V., Polishchuk V. E. Metody kul'tury tkanei v fiziologii i biokhimii rastenii [Methods of tissue culture in plant physiology and biochemistry]. Kiev, "Naukova dumka" Publ. 1980. 488 p.
18. Kalashnikova E. A., Kochieva E. Z., Mironova O. Yu. Workshop on agricultural biotechnology (Textbook for students of higher educational institutions). Moscow: Kolos, 2006. 144 p.
19. Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant*, 1962. Vol. 15, No. 3. P. 473–497.
20. Lakin G. F., Biometrics. Moscow, "Vysshaya shkola", 1990. 352 p.
21. Butenko R. G. Cell biology of higher plants in vitro and biotechnology on their base. Training manual. Moscow, FBK-PRESS Publ., 1999. 160 p.
22. Coelho N. R. In vitro propagation protocol for *Thymus lotocephalus* // Cryopreservation as a tool for preserving genetic variability of endangered species endemic from Algarve region in Tese para obtenção do grau de Doutorem Ciências Biológicas (Especialidade em Biotecnologia) Faro, 2014. P. 43–54.

UDC 633.81:57.085.2

Tevfik A. Sh., Yegorova N. A., Zagorskaya M. S.  
**PECULIARITIES OF *THYMUS VULGARIS* L. EXPLANTS MORPHOGENESIS AT THE  
FIRST STAGE OF CLONAL MICROPROPAGATION**

**Summary.** The aim of the study was to obtain an aseptic culture in vitro and to study the effect of explant type and culture medium composition on the explant morphogenesis at the first stage of clonal micropropagation of *Thymus vulgaris*. The shoot tips and stem segments with a node (8–10 mm) were introduced into an isolated culture. Research findings

*on sterilization and cultivation explants on 12 modifications of Murashige and Skoog culture medium are presented in the article. It was found that sequential sterilization with 70 % ethanol (40 sec) and 0.3 % solution of DesTab (3 min) allowed obtaining the maximum amount of sterile (94.2 %) and viable (90.5 %) explants. When studying the influence of the culture medium hormonal composition on the morphometric parameters of explants, the best development of the explants was revealed on medium containing Kinetin, as compared with BAP and TDZ. It was found that the optimal composition of culture medium at the introduction stage is the MS medium with 1.0 mg/l of Kinetin and 1.0 mg/l of GA<sub>3</sub>, at which microshoots 1.7–2.0 cm long with 2.2–2.9 nodes were obtained. Analysis of the effect of explant type showed that from the shoot tips, compared to stem segments with a node, longer microshoots with a greater number of nodes developed on most culture media. However, the number of shoots formed from the explants of the shoot tips was less than from the segments of the stem. The results of the studies are the basis for development of the *T. vulgaris* clonal micropropagation methods.*

**Keywords:** *Thymus vulgaris, clonal micropropagation, explant, in vitro.*

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

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

Загорская Маргарита Сергеевна, младший научный сотрудник лаборатории биотехнологии, ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма», 295493, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: zagorskayamargo@gmail.com.

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

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

Zagorskaya Margarita Sergeevna, junior researcher fellow of Laboratory of biotechnology, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”, 150 Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295493, Russia; e-mail: zagorskayamargo@gmail.com.

*Дата поступления в редакцию – 20.06.2018.*

*Дата принятия к печати – 25.06.2018.*

Шульга Е. Б.<sup>1</sup>, Стрюкова Н. М.<sup>2</sup>

## ЭФФЕКТИВНЫЙ СПОСОБ ОСВОБОЖДЕНИЯ ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА МЯТЫ ОТ МЯТНОГО КЛЕЩА

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

<sup>2</sup>Филиал ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт карантина растений» в Республике Крым

**Реферат.** Цель исследований – разработка эффективного способа освобождения посадочного материала мяты от опасного и трудно искореняемого вредителя – мятного клеща, эпизоотии которого трижды наблюдались на протяжении XX века. Причина постановки исследований – участившиеся случаи обнаружения вредителя в Крыму и, в частности, на коллекциях и семеноводческих посадках мяты ФГБУН «НИИСХ Крыма» в 2015 г., что потребовало срочно провести сортообновление поврежденных посадок. Исследования проводили в 2015–2017 гг. в с. Крымская Роза Белогорского района (Предгорная зона Крыма). Объект наблюдений – мятный клещ (*Eriophyes menthae* Moll.). Материал опытов – семь сортов мяты (*Mentha L.*) с поврежденных мятным клещом посадок. В качестве химических средств борьбы с вредителем изучали препараты «Димефос», «Фуфанон-нова», «Пиринекс Супер». Установлено, что полностью освободиться от мятного клеща можно путем пересадки молодых корневищ летом (в третьей декаде июля) и последующего содержания отросших и размноженных растений в условиях, препятствующих вторичному заносу вредителя. Метод прост и эффективен, даже в условиях эпизоотии позволяет сохранить ценные генотипы. Если обеспечить полную изоляцию участков размножения свободного от клеща материала от случайного заноса вредителя невозможно, необходимо регулярно контролировать наличие вредителя, соблюдать меры предосторожности при уходе за растениями (ограниченный персонал, сменная обувь, отдельные орудия труда) и проводить профилактические трехкратные химические обработки поочередно акарицидными препаратами разного типа действия. Достаточно надежным профилактическим средством защиты на участках размножения свободных от вредителя насаждений является опробованный нами комплекс химических обработок поочередно препаратами «Димефос», «Фуфанон-нова», «Пиринекс Супер». В полевых условиях тот же комплекс обработок имел высокую, но снижающуюся на второй год использования биологическую эффективность, значительно уменьшал заселенность растений мятным клещом, однако при высоком уровне его распространения не обеспечивал освобождения посадок от вредителя. Метод летнего отбора корневищ рекомендован и использован нами в системе первичного семеноводства мяты и для сохранения образцов генофонда.

**Ключевые слова:** мята, сорт, мятный клещ, посадочный материал, инсектициды.

### Введение

Опасный вредитель мятных насаждений – мятный клещ (*Eriophyes menthae* Moll.) впервые описан в начале XX века, когда стал причиной резкого сокращения площадей мяты в департаменте Грасс во Франции. В середине века он причинял значительный ущерб мятоводству Болгарии, в 70-е годы обнаруживался в Румынии, в 1976 г. был впервые выявлен в Молдавии, а уже в начале 80-х годов распространился и стал самым опасным вредителем мятных насаждений в республике. Повреждает верхушки молодых побегов, зимует в почве, распространяется с посадочным материалом, с комочками зараженной почвы, почвообрабатывающими орудиями, водой.



Химические методы защиты, по данным исследований болгарских и молдавских специалистов в годы его эпизоотий (40–50 лет назад), были малоэффективны. Положительный результат обеспечивался тщательными обработками с высоким расходом жидкости (до 800–900 л/га), не менее трех раз за сезон с интервалом в 8–15 дней и обязательном чередовании препаратов разного типа действия. Для борьбы с мятным клещом рекомендован комплекс карантинных, агротехнических и химических мероприятий [2, 3, 6]. Соблюдение системы этих мер позволило снизить численность вредителя, благодаря чему к концу 70-х годов в Болгарии он встречался уже в количестве ниже порога вредоносности [7], а в публикациях молдавских исследователей последний раз упоминался как опасный вредитель в 1986 году [9]. Более поздних литературных сведений о его вредоносности мы не обнаружили.

В Крыму единичные поврежденные мятным клещом растения, в том числе на опытных посадках мяты ФГБУН «НИИСХ Крыма», мы наблюдали в 90-х годах прошлого и в начале этого века, однако существенного вреда насаждениям вредитель не причинял. В последние годы случаи повреждения мятным клещом культурных и дикорастущих растений мяты в Крыму участились. В 2013 и 2014 гг., как уже случалось и ранее, единичные растения с признаками его наличия были замечены на опытах института. А в 2015 г. вредитель сначала был обнаружен весной на рассаде сорта Украинская перечная (такие растения при посадке выбраковывали), а затем массово распространился, начиная с западной части посадок, где располагались маточники, к восточной, где была высажена коллекция. При осмотре маточников 22 июня на четырех сортах из шести отмечено от 10 до 30 % поврежденных растений. К концу вегетации вредитель распространился на коллекции: 3 августа на 18 коллекционных образцах из 135 были обнаружены поврежденные растения. Из них на делянках 17 образцов повреждено от 2 до 25 % растений, а у сорта Украинская перечная 100% растений имели визуальные признаки повреждения на всех или отдельных ветвях. На делянках, прилегающих к посадкам Украинской перечной, поврежденные растения встречались чаще.

Поскольку ФГБУН «НИИСХ Крыма» как оригинатор ведет первичное семеноводство шести сортов мяты и является хранителем коллекции, а использовать посадочный материал с зараженных мятным клещом участков нельзя, для сохранения сортов института и генофонда мяты возникла необходимость срочно освободить посадочный материал от опасного вредителя. Предлагаемые ранее мероприятия не позволяют сделать это за один год [3, 6].

**Цель исследований** – разработать эффективный способ освобождения посадочного материала мяты от мятного клеща.

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

Исследования проводили в 2015–2017 гг. в южной Предгорной зоне Крыма (с. Крымская Роза Белогорского района) на семи сортах мяты (*Mentha L.*). Из них Краснодарская 2, Заграва, Удайчанка, Прилукская карвонная, Ажурная и Бергамотная – высокопродуктивные сорта с комплексом ценных признаков, автором и оригинатором которых является ФГБУН «НИИСХ Крыма», включены в Реестр селекционных достижений РФ [4]. Сорт Украинская перечная использован в опыте в качестве восприимчивого к вредителю контроля.

Для освобождения от мятного клеща впервые опробован способ летнего отбора корневищ, основанный на биологическом свойстве вредителя в летний период паразитировать на верхушках молодых побегов и отсутствовать в почве [3, 6]. Молодые, только начинающие формироваться корневища были выкопаны 30 июля 2015 г., до начала активной миграции вредителя в почву на зимовку, с поврежденных семеноводческих посадок шести сортов селекции института и коллекционной



делянки сорта Украинская перечная (по 12–15 шт. каждого сорта). В момент отбора на делянках размноженных из лабораторного материала сортов Заграва и Удайчанка визуальные признаки повреждения клещом отсутствовали, у сортов Ажурная и Краснодарская 2 повреждено 10–15 % растений, Бергамотная и Прилукская карвонная – 25–30 % растений, на делянке Украинской перечной все растения были повреждены клещом.

Отобранные корневища были отмыты в воде от почвы и высажены в вегетационные сосуды в боксе неотопливаемой теплицы. Отросшие из них маточные растения там же перезимовали. Весной 2016 г. часть растений рассадой пересажены в грунт теплицы для размножения в семеноводческих целях. Оставшиеся в сосудах растения пяти сортов, в числе которых Украинская перечная, на протяжении 2016 и 2017 гг. без пересадок и без использования химических мер защиты выращивали изолировано в боксе теплицы. Не сохранилось для наблюдений в боксе растений сорта Прилукская карвонная, поскольку вся отросшая рассада (18 шт.) была пересажена в грунт для размножения сорта. У сорта Бергамотная, отличающегося поздним формированием корневищ, при выкопке летом пришлось пересаживать подземную часть растений с выдвинутыми на 5–10 мм почками. Отросшие из них осенью растения в условиях сокращенной вегетации не успели сформировать зимующие органы и весной в боксе теплицы не было получено рассады. Однако часть отобранного летом материала Бергамотной отращивалась в лабораторных условиях и была использована для сохранения сорта: весной перезимовавшие в лаборатории растения были расчеренкованы и 10 укорененных черенков пересажены в грунт теплицы. Регулярно (ежемесячно на протяжении вегетации растений) вели визуальный, а дважды за сезон – энтомологический контроль наличия в боксе вредителей: под бинокулярным микроскопом МБС-10 на пяти верхушках побегов каждого сорта учитывали видовой состав и численность вредителей [5]. Такой же визуальный и энтомологический контроль проводили в грунте тепличного комплекса на всех этапах последующего размножения сортов института в процессе первичного семеноводства.

Весной 2016 г. все семеноводческие посадки в поле из-за массового повреждения клещом были ликвидированы. Менее поврежденная коллекция перезаложена имеющимся материалом с прошлогоднего участка, за исключением восприимчивого к вредителю сорта Украинская перечная (его растения были удалены из посадок в поле сразу после выборки корневищ в 2015 г.). На коллекционном участке проводили трехкратную обработку современными препаратами акарицидного действия (после появления первых признаков повреждения с интервалом 10–15 дней поочередно препаратами разного типа действия при повышенной норме расхода рабочего раствора). Через 5–9 дней после каждой обработки определяли ее биологическую эффективность по формуле Аббота [5]. Перед началом обработок на коллекционных делянках шести сортов оценивали поврежденность растений по сортам путем осмотра всех растений на делянке и подсчета количества растений с признаками повреждения клещом. На фоне комплекса мероприятий по химической защите контролировали в динамике заселенность вредителем растений на коллекционных делянках шести сортов мяты. Методика проведения учетов базировалась на существующих рекомендациях [8], но была модифицирована в связи с особенностями вредителя: поскольку контрольные определения показали, что не всегда живые особи мятного клеща можно выявить исключительно на побегах с визуальными признаками повреждений, но также обнаружить их на внешне здоровых верхушках, и наоборот, на деформированных верхушках с признаками вредителя живые его особи могут отсутствовать, оценку

заселенности сортов проводили в средней пробе из пяти верхушек растений каждого сорта. При проведении учетов использовали методы статистического анализа для выборки: определяли ошибку доли при альтернативной вариации для характеристики процента поврежденных растений и ошибку выборочной средней (или стандартную ошибку) при оценке заселенности растений вредителем [1].

Поскольку при выращивании в грунте теплицы не обеспечивается полная изоляция растений (остается возможность вторичного заноса вредителя с одеждой и обувью персонала, с орудиями труда), на всех посадках мяты в грунте тепличного комплекса проводились профилактические обработки растений теми же препаратами и в те же сроки, что и в полевой коллекции. Для предотвращения заноса мятного клеща был ограничен круг персонала по уходу за растениями в теплице, использовалась сменная обувь либо обувь из легко моющихся материалов, отдельные орудия труда.

### Результаты и их обсуждение

На протяжении двух лет наблюдений (2016 и 2017 гг.) на растениях пяти сортов, полученных из выкопанных летом 2015 г. корневищ и постоянно произрастающих в условиях, предотвращающих возможность вторичного заноса вредителя (бокс теплицы), по результатам визуального и энтомологического контроля мятный клещ ни разу не обнаружен. Полное освобождение от вредителя достигнуто на всех исследуемых сортах, независимо от степени повреждения посадок, с которых отбирали материал. Это свидетельствует об эффективности способа летнего отбора корневищ.

Не обнаружен мятный клещ на протяжении 2016 г. (двукратный энтомологический контроль) также на растениях семи сортов, высаженных в грунт теплицы. Это позволило в тот же год приступить к их размножению методом зеленого черенкования с целью сортообновления семеноводческих посадок, а также использовать положительно зарекомендовавший себя метод летнего отбора корневищ для освобождения от клеща коллекции мяты (с 25 по 29 июля 2016 г. были выкопаны, отмыты и высажены в грунт теплицы корневища всех коллекционных образцов).

Опробованный в поле комплекс химических мероприятий, как видно из таблицы 1, в первый год наблюдений имел высокую эффективность в отношении мятного клеща: после его завершения живые особи в отобранных пробах не обнаружены.

**Таблица 1 – Эффективность инсекто-акарицидных препаратов, применяемых против мятного клеща (с. Крымская роза)**

Препарат			Биологическая эффективность, %	
Коммерческое название	Действующее вещество	Расход на 10 л раствора, мл	2016 г.	2017 г.
«Димефос», 40% КЭ	диметоат	70	20,2	25,0
«Фуфанон-нова», 44% ВЭ	малатион	13	96,4	73,6
«Пиринекс Супер», 42% КЭ	хлорпирифос+бифентрин	125	100,0	86,6

Высокие показатели эффективности дали повод предположить, что зимующий запас вредителя уменьшился и появилась возможность сохранить полевую коллекцию применяя методы химической защиты. Поэтому коллекция была не ликвидирована, как планировалось ранее, а в 2017 г. вновь перезаложена рассадой с прошлогоднего поля и на ней проведен такой же комплекс защитных мероприятий.

Однако уже 8 июня, после укоренения растений, на 51 образце из 117 высаженных (43,6 %) выявлены признаки повреждения мятным клещом. В предыдущем году в эти же сроки (10 июня) из 127 образцов коллекции, на которой в предшествующие годы химическая борьба с вредителем не велась, у 62 образцов (48,8 %) отмечены повреждения мятным клещом. Использование на второй год по одинаковой схеме тех же препаратов оказалось менее эффективным. На протяжении двух лет минимальной была биологическая эффективность препарата «Димефос», лучшие показатели имел «Пиринекс Супер» (100 % в 2016 и 86,6 % в 2017 г.).

Снижение эффективности химических мероприятий повлияло и на различия в динамике заселенности вредителем растений испытываемых сортов на фоне химических обработок в первый и второй годы исследований. В 2016 г. до начала обработок мятный клещ не обнаружен лишь на сорте Ажурная, в средних пробах остальных пяти сортов заселенность составляла от единичных до 13,9–19,2 особи на обследованный побег. После двух обработок лишь на двух сортах выявлены единичные особи вредителя, а после третьей обработки мятный клещ в отобранных пробах отсутствовал (таблица 2).

**Таблица 2 – Поврежденность сортов мяты мятным клещом в полевых условиях (2016 г.)**

Сорт	Поврежденность растений, % (6.06.)	Количество особей на 1 учетный побег (по датам учетов)		
		6.06. (до начала обработок)	27.06. (после двух обработок)	13.07. (после трех обработок)
Краснодарская 2	4,0 ± 2,8	0,4 ± 0,4	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0
Заграва	10,0 ± 6,7	1,8 ± 1,8	1,2 ± 1,2	0,0 ± 0,0
Удайчанка	2,0 ± 2,0	13,6 ± 2,7	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0
Прилукская карвонная	2,1 ± 2,1	19,2 ± 19,2	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0
Ажурная	4,0 ± 2,8	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0
Бергамотная	4,2 ± 2,9	8,4 ± 1,4	3,0 ± 1,8	0,0 ± 0,0

На посадках 2017 года, несмотря на более низкую начальную заселенность растений (на трех сортах из шести выявлено от 0,6 до 6,0 особей на 1 учетный побег), сохранившиеся после завершения обработок клещи дали новую генерацию и спустя четыре недели на некоторых сортах вновь были зафиксированы очаги вредителя - живые особи и множество яиц (таблица 3).

**Таблица 3 – Поврежденность сортов мяты мятным клещом в полевых условиях (2017 г.)**

Сорт	Поврежденность растений, % (08.06.)	Количество особей на 1 учетный побег (по датам учетов)		
		08.06. (до начала обработок)	30.06. (после двух обработок)	01.08. (после трех обработок)
Краснодарская 2	5,0 ± 2,2	0,6 ± 0,6	4,0 ± 4,0	0,0 ± 0,0
Заграва	16,0 ± 5,2	6,0 ± 1,4	1,0 ± 1,0	0,0 ± 0,0
Удайчанка	2,0 ± 1,4	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0
Прилукская карвонная	4,0 ± 2,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,8 ± 0,8
Ажурная	7,0 ± 2,6	2,8 ± 2,8	0,0 ± 0,0	2,2 ± 2,2
Бергамотная	2,5 ± 2,5	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,4 ± 0,4

Подобные очаги создают зимующий запас клеща на следующий год. Следовательно, возделывать мяту на данном участке и использовать посадочный

материал с него более нельзя. Кроме того, заселенное фитофагом поле служит источником его вторичного заноса на освобожденные от клеща посадки. Поэтому опыты в поле после завершения учетов были ликвидированы. В ближайшие три года мяту на этом участке высаживать не будут.

Можно предположить, что малая подвижность и, как следствие, очаговый характер распространения вредителя стали причиной низкой статистической точности избранной методики анализа поврежденности растений (по пяти растениям или их частям с каждой учетной делянки), особенно в часто наблюдаемых случаях, когда очаги вредителя обнаруживают лишь на одном побеге из пяти обследованных. Увеличение объема выборки могло бы повысить точность учетов, однако значительно увеличило бы трудоемкость исследований.

Пересаженные весной 2016 г. из сосудов в грунт свободные от мятного клеща растения были использованы в качестве маточных для организации первичного семеноводства шести сортов мяты селекции ФГБУН «НИИСХ Крыма»: Краснодарская 2, Заграва, Удайчанка, Прилукская карвонная, Ажурная и Бергамотная. Летом 2016 г. сорта были дополнительно размножены методом зеленого черенкования и в 2017 г. на территории тепличного комплекса в условиях орошения высажены участки размножения (от 25 до 92 м<sup>2</sup> каждого сорта). На этом же тепличном комплексе сохраняется освобожденная от мятного клеща коллекция генофонда мяты (123 образца).

В 2017 г. общая площадь освобожденных от клеща посадок мяты в тепличном комплексе расширилась до 500 м<sup>2</sup>, поэтому к посадке был привлечен дополнительный персонал, а через 50 дней после нее и спустя неделю после первого профилактического опрыскивания обнаружено одно растение сорта Заграва с признаками повреждения клещом. Детальный анализ с помощью бинокулярного микроскопа подтвердил наличие вредителя (выявлены 13 живых особей). Судя по срокам проявления, клещ был занесен в момент посадки. Поврежденное растение было удалено, энтомологический контроль за посадками в грунте теплицы ужесточен: проведено дополнительное, третье за вегетацию, обследование размножаемых сортов, проанализированы все обнаруженные растения с деформацией верхушек. Но до конца вегетационного периода ни в одной из проб мятный клещ более не обнаружен.

Таким образом, предложенный нами способ летней пересадки корневищ позволяет получить полностью свободный от мятного клеща посадочный материал мяты. Метод не является производственным, поскольку в предлагаемые сроки (последняя декада июля) корневища только начинают формироваться и их очень мало, но он эффективен, прост и позволяет сохранить ценные генотипы (сорта, коллекционные образцы, исходный материал для селекции). При необходимости быстро размножить здоровый посадочный материал, например, перспективные сорта для первичного семеноводства, можно воспользоваться существующими методами ускоренного размножения (зеленое черенкование, микроразмножение в культуре *in vitro*).

Более трудоемким в практическом плане является предотвращение вторичного заноса вредителя на освобожденные от него посадки, если в хозяйстве или организации сохраняются зараженные мятным клещом поля. Учитывая, что вредитель может, помимо посадочного материала, распространяться с частицами почвы на орудиях труда или обуви, а при близком расположении участков – с потоками воды, насекомыми и т. д. [3, 6], сложно не допустить его переноса на новые участки. Даже при соблюдении пространственной изоляции (300–500 м) на полях хозяйства работает одна и та же техника, передвигаются люди. Если обеспечить полную изоляцию участков размножения свободного от клеща материала от

вторичного заноса вредителя невозможно, необходимо применять комплекс профилактических химических обработок.

Опробованный в условиях эпизоотии мятного клеща в поле комплекс химических мер защиты с чередованием инсекто-акарицидных препаратов разного типа действия («Димефос», 40% КЭ; «Фуфанон-нова», 44 % ВЭ; «Пиринекс Супер», 42 % КЭ) имел высокую биологическую эффективность и обеспечил значительное сокращение заселенности растений мятным клещом, что позволяет сохранить для использования урожай. Однако на второй год эффективность того же комплекса препаратов снижается, что свидетельствует о резистентности мятного клеща к их повторному применению. Следовательно, без дополнительных рекомендованных для борьбы с вредителем мероприятий использование только химических мер защиты в условиях высокого (до размеров эпизоотии) уровня его распространения не обеспечивает освобождения посадок от мятного клеща. Тот же комплекс химических обработок, проводимых в профилактических целях на свободных от мятного клеща участках при невозможности полностью изолировать их от случайного контакта с грунтом зараженных полей, гарантирует сохранение чистоты посадок.

### Выводы

Разработан простой и эффективный способ освобождения посадочного материала мяты от опасного и трудно искореняемого вредителя – мятного клеща: пересадка отмытых молодых корневищ в третьей декаде июля с последующим отращиванием и размножением растений в условиях, препятствующих вторичному заносу вредителя. Даже в условиях эпизоотии метод позволяет сохранить ценные генотипы: сорта, коллекционные формы и селекционный материал мяты.

При невозможности полной изоляции свободных от клеща насаждений от контакта с грунтом зараженных полей, для сохранения чистоты материала необходимы: регулярный контроль наличия вредителя (визуальный и, по возможности, энтомологический), соблюдение мер предосторожности при уходе за растениями (ограниченный круг персонала, сменная обувь, отдельные орудия труда), профилактические трехкратные химические обработки поочередно акарицидными препаратами разного типа действия.

Комплекс химических мер защиты с чередованием препаратов «Димефос», «Фуфанон-нова», «Пиринекс Супер» является достаточно надежным профилактическим средством защиты на участках размножения и сохранения освобожденных от вредителя насаждений. Опробованный в полевых условиях тот же комплекс химических обработок имел высокую, но снижающуюся на второй год использования биологическую эффективность, значительно уменьшал заселенность растений мятным клещом, однако при высоком уровне его распространения не обеспечивал освобождения посадок от вредителя.

Метод летнего отбора корневищ рекомендован и на практике использован нами для получения свободного от мятного клеща посадочного материала в системе первичного семеноводства мяты (заложены участки размножения 6 сортов с целью сортообновления) и для сохранения образцов генофонда мяты (освобожденный от клеща дубликат коллекции из 123 образцов поддерживается на тепличном комплексе).

### Литература

1. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
2. Мальченкова Н. И., Шаронова М. В. О мятном клещике (*Eriophyes menthae* Moll.) – вредителе мяты перечной в Молдавии // Основные направления научных исследований по интенсификации эфиромасличного производства (IV симпозиум по эфиромасличным растениям и маслам). Тезисы докладов и сообщений. Часть I. Симферополь. 1985. С. 207–208.



3. Мустьяцэ Г. И. Культура мяты перечной. Кишинев: «Штиинца», 1985. 165 с.
4. Паштецкий В. С., Невкрытая Н. В., Мишнев А. В., Назаренко Л. Г. Эфиромасличная отрасль Крыма. Вчера, сегодня, завтра. Симферополь: ИТ «Ариал», 2017. 244 с.
5. Попов С. Я., Дорожжина Л. А., Калинин В. А. Основы химической защиты растений. М.: Арт-Лион, 2003. 208 с.
6. Танев И. Ментов акар. (*Eriophyes menthae* Moll.) – биология, морфология и средства за борба // Академия на селскостопанските науке в България. Известия на научно-изследователските институт растениевъдства. Книга XIX. 1962. С. 213–237.
7. Танев И. И., Казакова К. Л., Цалбуков П. Р. Главные болезни, вредители и сорняки казанлыкской розы, лаванды и мяты и борьба с ними // Достижения в эфиромасличном производстве НР Болгарии и Молдавской ССР. Кишинев. 1979. С. 232–249.
8. Чумак В. А. Жалнина Л. С., Петров А. С. Методические указания по оценке сортов и селекционного материала эфиромасличных культур на устойчивость к болезням и вредителям. М., 1980. 22 с.
9. Шаронова М. А., Мальченкова Н. И., Ковалева В. Ф. Клещи, вредящие эфиромасличным культурам // Масличные культуры. 1986. № 6. С. 32–33.

### References

1. Dospikhov B.A. Methods of field research. Moscow: Agropromizdat, 1985. 352 p.
2. Malchenkova N. I., Sharonova M. V. *Eriophyes menthae* Moll. – peppermint pest in Moldova // Main directions of scientific research on the intensification of essential oil production (IV Symposium on oil-bearing plants and essential oils). Scientific conference abstracts. Part I. Simferopol. 1985. P. 207–208.
3. Mustyatsé G. I. The peppermint crop. Kishinev: «Shtiinca», 1985. 165 p.
4. Pashtetskiy V. S., Nevkrytaya N. V., Mishnev A. V., Nazarenko L. G. Essential oil industry in the Crimea. Yesterday, today, tomorrow. Simferopol: Publishing house “Ariall”, 2017. 244 p.
5. Popov S. Ya., Dorozhkina L. A., Kalinin V. A. Fundamentals of chemical plant protection. Moscow: Art-Lion, 2003. 208 p.
6. Tanev I. Mint mite (*Eriophyes menthae* Moll.) – biology, morphology and ways to control // Bulgarian Academy of Agricultural Sciences. Reports of Research Institute of Plant Growing. 1962. Vol. XIX. P. 213–237.
7. Tanev I. I., Kazakova K. L., Tsalbukov P. R. Main diseases, pests and weeds affecting Kazanlik rose, lavender and mint and methods to control them // Achievements in essential oil production in the People’s Republic of Bulgaria and Moldavian Soviet Socialist Republic. Chisinau. 1979. P. 232–249.
8. Chumak V. A., Zhalnina L. S., Petrov A. S. Methodical instructions of determination essential oil plants resistance to diseases and pests. Moscow, 1980. 22 p.
9. Sharonova M. A., Malchenkova N. I., Kovaleva V. F. Acari that harm essential oil crops // Oilseeds. 1986. № 6. P. 32–33.

UDC 633: 632

Shulga E. B., Stryukova N. M.

### EFFECTIVE WAY TO PREVENT MINT PLANTING MATERIAL FROM MINT MITE

**Summary.** The aim of the research was to develop an effective way to prevent mint planting material from such dangerous pest as *Eriophyes menthae* Moll., whose epizootics were observed thrice during the 20th century. The reason for the research was the increasing number of the pest that began to appear in the Crimea and, in particular, at the collection and seed-growing plantings of mint of FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea” in 2015, which required urgent strain renovation of the damaged plantings. Studies were conducted in 2015–2017 in the village of Krymskaya Rosa of Belogorskiy district (foothill zone of the Crimea). The object under observation is *Eriophyes menthae* Moll. Seven cultivars of mint (*Mentha* L.) from damaged by mint mite plantings served as the material in the experiments. Preparations Dimefos, Fufanon-nova, Pirinex Super were studied as chemical agents of pest control. Mint mite (*Eriophyes menthae* Moll.) was first discovered in the early twentieth in France. This insect also affected adversely mint

*production in Bulgaria in the middle of the century. Later it was found in Romania. Furthermore, it was the most dangerous mint pest in Moldova in the early 80s. Chemical methods of protection were considered ineffective. It was recommended using complex of quarantine, agrotechnical and chemical measures, thanks to which it was possible to overcome its epizootics. The latest mention of mint mite as about dangerous pest in literature sources was in 1986. In recent years, massive outbreak of the pest began to appear in the Crimea. In 2015, the mite spread on some samples of the collection and seed-growing plantings of the FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”. In order to preserve the cultivars, which belong to the Institute and mint gene pool, the task to develop effective way to prevent mint planting material from such dangerous pest was set. Research shows that it is possible to get rid of mint mite by transplanting young rhizomes in summer (third decade of July) and further keeping overgrown and propagated plants under conditions that prevent secondary pest infestation. This method is simple and effective. Even under conditions of epizootic, it allows to preserve valuable genotypes. If it is not possible to guarantee complete isolation of plots, where mite-free breeding material is grown, from the accidental drift of the pests, it is necessary to monitor their presence, observe precautions (limited staff, second pair of shoes to change, individual tools) and perform preventive three-time chemical treatment with acaricide preparations of different type of action. Sufficiently reliable preventive mean of protection in the areas of propagation pest-free plantings is the complex of chemical preparations that we tested in this order: Dimefos, Fufanon-Nova, Pirinex Super. Under field conditions the same complex of treatments had a high biological efficiency, which decreased in the second year of us significantly reducing mint mite infestation, but when the level of its spread is high it did not prevent the plantings from the pest. We recommend and use method of summer rhizomes selection in the system of preliminary seed production of mint and for the preservation gene pool samples.*

**Keywords:** *mint, cultivar, mint mite, planting material, insecticides.*

Шульга Елена Борисовна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, ФГБУН «НИИСХ Крыма», 295453, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150, e-mail: Shulga-EB@yandex.ru.

Стрюкова Наталья Михайловна, кандидат сельскохозяйственных наук, начальник научно-методического отдела, филиал ФГБУ «ВНИИКР» в Республике Крым, 295053, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Оленчука, 52, stryukovanata@mail.ru.

Shulga Elena Borisovna, Cand. Sc. (Agr.), senior researcher, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150 Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295453, Russia; e-mail: Shulga-EB@yandex.ru.

Stryukova Natalya Mikhaylovna, Cand. Sc. (Agr.), head of the scientific and methodical Department; FSBI “All-Russian Scientific Research Institute of Plant Quarantine”; 52 Olenchuk str., Simferopol, Republic of Crimea, 295453, Russia; e-mail: stryukovanata@mail.ru.

*Дата поступления в редакцию – 23.05.2018.*

*Дата принятия к печати – 07.06.2018.*

**ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ**  
**PROCESSES AND MACHINES OF AGROENGINEERING SYSTEMS**

DOI 10.25637/TVAN.2018.01.14.

УДК: 628.162.5

Калафатов Э. Т.<sup>1</sup>, Полякова Н. Ю.<sup>2</sup>, Горб Н. Н.<sup>3</sup>

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА СУШКИ  
ЛЕПЕСТКОВ ЧАЙНОЙ РОЗЫ НА ГЕЛИОСУШИЛКЕ**

<sup>1</sup>ФГАО ВО «Крымский Федеральный университет имени В.И. Вернадского»;

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

<sup>3</sup>ФГБУН «Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН»

**Реферат.** Цель исследований – определение параметров сушки лепестков чайной розы на экспериментальном образце гелиофруктосушилки, предназначенной для сушки плодоовощной продукции. Исследования проводили на базе Крымской опытной станции садоводства (Симферопольский район, с. Маленькое). Проведение опыта осуществляли во влажных погодных условиях, затрудняющих сушку лепестков розы. Методика исследования: 250-300 г лепестков укладывали в сетчатые поддоны гелиосушилки общим количеством 48 штук. При этом контрольные образцы взвешивали отдельно и укладывали в среднюю секцию сушилки, где температура и скорость воздушного потока оставались неизменными. Процесс сушки контролировали через каждый час путем взвешивания контрольных образцов и определения потери веса по известной методике. Влажность и температуру сушки фиксировали при помощи прибора DVM-171TND, помещенного в секцию с контрольными образцами. Сушку проводили в июне 2017 г., в различных погодных условиях, что позволило провести сравнение параметров сушки с помощью ТЭНов (4 кВт) и с использованием только солнечной энергии. Установлено, что потребляемая мощность сушилки в обоих случаях одинакова, а масса высушиваемого продукта уменьшилась более чем в 10 раз и составила около 76 г от 1000 г исходного сырья, при этом первоначальная влажность сырья составила 92, а конечная – 7%. За период эксперимента в сушилку загружено 132 кг сырья и получено более 10 кг высушенных лепестков чайной розы. Сделан вывод о возможности использования конструкций ящичных сушилок, вне зависимости от принципа их работы (с традиционными и нетрадиционными источниками питания) для сушки лепестков чайных роз, и нецелесообразности их применения для сушки больших объемов сырья из-за трудоемкости процесса загрузки и выгрузки.

**Ключевые слова:** лекарственные травы, сушка, лепестки чайной розы, гелиофруктосушилка, программируемый датчик, температура, влажность.

### Введение

Лекарственные и ароматические растения, в частности, роза, находят все большее применение в различных отраслях промышленности [4–6, 7]. Большинство видов лекарственного растительного сырья применяется в высушенном виде. Наиболее распространенные виды сушки лекарственных растений – искусственная и естественная. Естественную сушку производят на открытом воздухе в тени под навесами, в специальных сушильных сараях в основном малыми фермерскими

хозяйствами. Искусственная сушка используется при больших объемах в промышленных масштабах с использованием тепловой энергии.

Сырье эфиромасличных культур, к которым относится и чайная роза, рекомендуется сушить при температуре 30–35(40) °С довольно толстым слоем (10–15 см) для предотвращения испарения эфирного масла [8].

Наряду с этим при сушке лепестков чайной розы необходимо соблюдать следующие правила:

- отделять вручную лепестки;
- уборку и переработку лепестков проводить в кратчайшие сроки после их распускания, в противном случае происходит их массовое опадание, особенно в дождливую погоду; также промедление с переработкой хотя бы на несколько часов, приводит к резкому повышению температуры при его хранении в мешках или валом;
- сушку проводить при низкой температуре (до 40 °С) и с минимальным обветриванием с целью сохранения ароматических свойств высушиваемого продукта.

В связи с тем, что в естественных условиях невозможно соблюдать все эти условия, для сохранения сырья в дождливых погодных условиях предложено произвести сушку лепестков на экспериментальном образце гелиосушилки предназначенной для сушки яблок и груш.

**Цель исследований** – определение параметров сушки лепестков чайной розы на экспериментальном образце гелиофруктосушилки, предназначенной для сушки плодоовощной продукции.

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

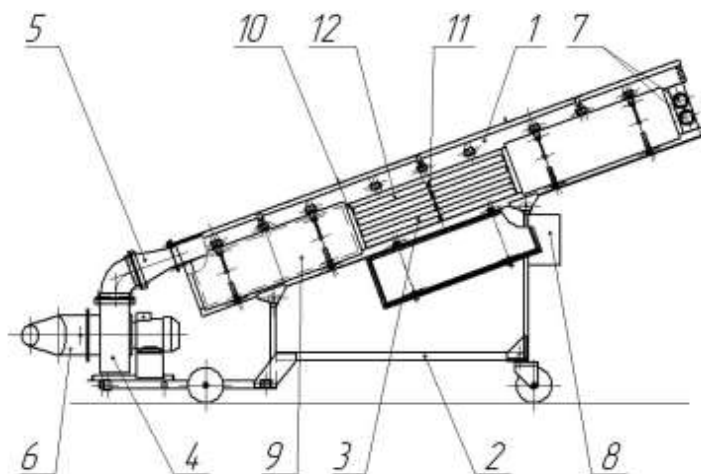
Опыт проводили с 10 по 11 июня 2017 г. на базе Крымской опытной станции садоводства ФГБУН «Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН» (с. Маленькое Симферопольского района). Погодные условия в сроки проведения исследований были дождливыми, что затруднило сбор и сушку лепестков чайной розы. Для сушки сырья использован экспериментальный образец гелиофруктосушилки, предназначенной для сушки плодоовощной продукции.

На рисунке 1 приведена принципиальная схема центрального модуля гелиосушилки [9]. Он состоит из солнечного коллектора (т.н. «теплый ящик») (1), установленного на колесной тележке (2); сушильного шкафа (3); вентилятора (4); воздуховода (5); патрубка (6), куда могут подсоединяться дополнительные коллектора (на рисунке не указан); электронагревательных элементов (7) тэнов, предназначенных для сушки в непогоду и в ночное время; шкафа управления (8); дверцы (9); перегородки (10, 11), предназначенных для омывания высушиваемого продукта сверху и снизу; сетчатых поддонов (12), в которые укладывается высушиваемое сырье. Конструктивная особенность солнечного коллектора состоит в том, что в отличие от существующих, он снизу не теплоизолирован, установлен над высушиваемым продуктом и тыльной стороной абсорбера (теплоулавливающей поверхностью) отдает тепло непосредственно высушиваемому продукту.

Принцип работы гелиосушилки заключается в следующем: после затаривания гелиосушилки высушиваемым сырьем включают вентилятор сушилки и, подаваемый в сушилку наружный воздух, омывающий абсорбер, снимает с него тепло и направляет его в сушильную камеру, где, последовательно проходя через высушиваемый продукт, снимает с него влагу за счет образовавшегося парциального давления в капиллярах сырья. Далее паровоздушная смесь выводится из нижней секции гелиосушилки. Для сушки продукта в ночное время или в непогоду

предусмотрены воздушные тэны общей мощностью 4 кВт. При необходимости к центральному модулю гелиосушилки можно подключить дополнительные солнечные воздухонагреватели через установленные с обеих его сторон патрубки.

Подлежащие сушке лепестки чайной розы вручную отделяли от чашелистиков и равномерно укладывали в сетчатые поддоны размерами 400×500×35 мм общим количеством 48 штук.



**Рисунок 1 – принципиальная схема центрального модуля гелиосушилки**

*Примечание.* 1 – солнечный коллектор; 2 – колесная тележка; 3 – сушильный шкаф; 4 – вентилятор; 5 – воздуховод; 6 – всасывающий коллектор; 7 – электронагревательные элементы; 8 – шкаф управления; 9 – дверцы; 10 и 11 – перегородки сушильного шкафа; 12 – сетчатый поддон для высушиваемого продукта.

На каждый сетчатый поддон помещали 250–300 г лепестков. Общая разовая загрузка составила 12–14 кг. Предварительно отобрана проба лепестков для определения первоначальной влажности по общепринятой методике [10]. Влажность сырья составила 92% с учетом того, что урожай лепестков розы собран сразу после дождя.

С целью исследования процесса сушки выделены четыре сетчатых поддона, которые взвешивали отдельно в начале опытов и через каждые два часа в процессе сушки на весах ВЛТК-500. Общая масса контрольных образцов перед сушкой составила 1000 г – по 250 г на четырех сетчатых поддонах. На рисунке 2 показан общий вид загружаемого в сушилку продукта.



**Рисунок 2 – Общий вид загружаемого в сушилку продукта (лепестки розы)**



При условии облачности свыше 90 % сушку лепестков роз проводили нагревом воздуха от ТЭНа мощностью 2 кВт, средняя температура нагрева воздуха – 27 °С.

### Результаты и их обсуждение

На рисунке 3 приведены данные параметров сушки 10.06.2017 г.



**Рисунок 3 – Данные записи параметров (температуры и влажности) сушки лепестков розы прибором DVM-171TND. (Крымская опытная станция садоводства, 10.06.2017 г.)**

Загрузку сушилки лепестками роз и включение ТЭНа (мощностью 4 Квт) для нагрева сушилки вместе с продуктом проводили с 10 часов утра, на что указывает резкое повышение влажности воздуха до 93 % (желтая кривая) и незначительное увеличение температуры воздуха от 25 до 27,5 °С (красная кривая). Далее идет постепенный нагрев сушилки вместе с продуктом и снижение его влажности в течение дня до 53 %. Резкое колебание кривых влажности и температуры объясняется тем, что по мере высыхания продукта, поддоны уплотняли завяленным продуктом из нижней секции сушилки в верхнюю. Постепенно на освободившиеся поддоны закладывали свежую продукцию в нижние секции, на что указывает скачкообразное повышение влажности (желтая кривая) и небольшое колебание температуры в сушилке (красная кривая). При изменении погодных условий сушилку переключили на солнечные батареи. Температура окружающей среды составила 22 °С. На рисунке 4 приведены данные записи параметров сушки лепестков чайной розы исключительно энергией солнца.



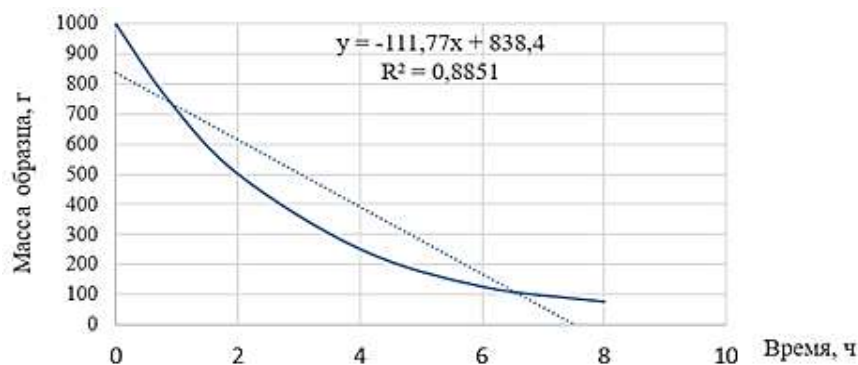
**Рисунок 4 – Данные записи параметров (температуры и влажности) сушки лепестков розы прибором DVM-171TND (Крымская опытная станция садоводства, 11.06.2017 г.)**

Загрузку сушилки свежей партией лепестками чайной розы провели в 9 часов утра, что видно из резкого повышения влажности воздуха до 80 % (желтая кривая). При этом температура в сушилке постепенно поднималась в течение дня до 32 °С, Данные записи показывают, что влажность лепестков роз (желтая линия) снизилась с 76 до 43 % за восемь часов работы сушилки.

Сравнение данных двух записей указывает на одинаковую потребляемую мощность, как при сушке солнечной энергией, так и при использовании ТЭНов мощностью 4 Квт.

Необходимо отметить, что в процессе сушки происходила усадка высушиваемого продукта, а на верхней секции сушилки – его частичное высыхание. Поэтому с целью повышения производительности процесса подвяленную продукцию уплотняли и на освободившиеся сетчатые поддоны затаривали свежие лепестки. Затаривание продукции проводили последовательно от нижней секции сушильной камере к верхней. Например, контрольные образцы через два часа уплотняли из четырех сетчатых поддонов в два поддона, а через четыре часа от начала сушки – в один сетчатый поддон. Таким образом, за четыре часа от начала сушки продукцию массой 1000 г, состоящую из подвяленного и, большей частью, высушенного сырья, помещали в один поддон. В освободившиеся три поддона затаривали подвяленную продукцию из других секций сушилки. Если первоначальная загрузка сушилки составляла 12–14 кг, то к концу рабочего дня этот показатель увеличился более чем в два раза за счет последовательного удаления высушенного продукта по мере его высыхания и добавления свежего продукта.

На рисунке 5 приведена зависимость потери массы лепестками от времени сушки.



**Рисунок 5 – Зависимость потери массы лепестками от времени сушки**

Из рисунка видно, что масса высушиваемого продукта уменьшилась более чем в 10 раз и составила около 76 г от 1000 г исходного сырья, при этом первоначальная влажность сырья составила 92, а конечная – 7 %.

На рисунке 6 приведены фотографии сырья до и после сушки, показывающие идентичность их окраски.

В общем в сушилку загружено 132 кг сырья влажностью в 92 % и получено более 10 кг высушенных лепестков чайной розы влажностью 7 %.

В процессе работы выявлена неравномерность сушки в камере сушилки, что вынуждало перемещать высушиваемый продукт из нижних секций сушилки в верхнюю; трудоемкость процесса, связанная с необходимостью укладки сырья в поддоны, перемещение из одной секции в другую, уплотнение продукта и т.д.



**Рисунок 6 – Идентичность окраски лепестков до и после сушки**

*Примечание. А – сырье до сушки; Б – сырье после сушки.*

Таким образом, возможно использовать конструкцию ящичных сушилок вне зависимости от принципа их работы (с традиционными и нетрадиционными источниками питания) для сушки небольших партий лекарственных трав, в том числе лепестков чайных роз. Нецелесообразно их применение для сушки больших объемов сырья из-за трудоемкости процесса загрузки и выгрузки. Поэтому для сушки лекарственных трав мы рекомендуем использовать сушилки ангарного типа с напольной загрузкой высушиваемого сырья, например гелиосушилку для сельскохозяйственной продукции.

#### **Выводы**

Исследования показали возможность использования гелиосушилки для небольших партий лепестков розы, хотя трудоемкость процесса несколько затрудняет этот процесс. Исследования режимов сушки лепестков чайной розы при сушке тэнами мощностью 4 кВт, показали увеличение температуры в сушилке на 7,4 °С (с 27 до 34,4 °С); при сушке исключительно с помощью солнечной энергии – 12,8 °С (с 21,6 до 32,4 °С) при идентичной температуре окружающей среды.

#### **Литература**

1. Алтухов В. Н. Снижение энергозатрат в процессах сушки плодов лекарственных растений путем управления прерывным ИК облучением. Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. Иркутск: Иркутская ГСХА, 2000. 18 с.
2. Любайкин С. Н., Рыбалко Л. А. Комбинированный способ сушки лекарственного сырья // Молодые ученые агропромышленному комплексу Поволжского региона. Саратов: СГАУ, 2003. С. 178–179.
3. Лягина Л. А., Любайкин С. Н. Технология сушки растительного сырья для личных и фермерских хозяйств // Материалы конференции, посвященной 118-годовщине со дня рождения академика Н. И. Вавилова. Саратов: СГАУ, 2005. С. 46–47.
4. Глушко Е. А., Медведев Ю. М. Энциклопедия русского знахаря. М.: Эксмо-Пресс, 2001. 200 с.
5. Довженко В., Довженко А. Растения служат человеку. Симферополь: Таврия, 1991. 280 с.
6. Махлаюк В. П. Лекарственные растения в народной медицине. Саратов: Приволжское книжное издательство, 1991. 460 с.
7. Лягина Л. А. Повышение эффективности сушки продуктов растительного происхождения за счет инфракрасного-конвективного воздействия. Дисс. ... канд. техн. наук. Саратов, ФГОУ ВПО «Саратовский государственный аграрный университет», 2010. 137 с.
8. Стальная М. И., Стальная В. В. Фитотерапевтическое использование лапчатки кустарниковой // Материалы XXI Международной научно-практической конференции «Экологические проблемы современности». Майкоп, 2013. С. 115–118.

9. Патент Украины № 92394 «Устройство для сушки сельскохозяйственной продукции». 25.10.2010.
10. ГОСТ Р 53 989-2010 Сырье эфиромасляническое травяное и цветочное. Методы отбора проб, определения влажности и примесей. М.: Стандарт информ, 2011. С. 8.

### References

1. Altukhov V. N. Reducing energy costs in the drying process of fruit of medicinal plants by controlling discontinuous IR irradiation. Author's abstract. diss. ... Cand. Sc. (Tech.). Irkutsk: Irkutsk State Agricultural Academy, 2000. 18 p.
2. Lyubaykin S. N., Rybalko L. A. Combined method of drying medicinal raw materials// Young scientists to the agro-industrial complex of the Volga region. Saratov: Saratov State Agrarian University, 2003. P. 178-179.
3. Lyagina L. A., Lyubaykin S. N. Technology of drying vegetable raw materials for personal use and farming enterprises // Scientific works of the conference dedicated to the 118<sup>th</sup> anniversary of the academician N.I. Vavilov birth. Saratov: Saratov State Agrarian University, 2005. P. 46-47.
4. Glushko E. A., Medvedev Yu. M. Encyclopedia of the Russian herbalist. Moscow: Eksmo-Press, 2001. 200 p.
5. Dovzhenko V., Dovzhenko A. Plants serve humans. Simferopol: Tauria, 1991. 280 p.
6. Makhlayuk V. P. Medicinal plants in folk medicine. Saratov: Privolzhskje knizhnoe izdatelstvo, 1991. 460 p.
7. Lyagina L. A. Increasing the efficiency of drying products of vegetable origin due to infrared-convective effects. Diss. ... Cand. Sc. (Tech.). Saratov, Saratov State Agrarian University, 2010. 137 p.
8. Stal'naya M. I., Stal'naya V. V. Phytotherapeutic use of shrubby cinquefoil// Materials of the XXI International scientific and practical conference "environmental challenges of our time". Maykop, 2013. P. 115-118.
9. Patent of Ukraine No 92394 "Device for drying agricultural products". 25.10.2010.
10. GOST R 53 989-2010 Essential oil floral and herbal raw material. Methods of sampling, moisture and impurities determination. Moscow: Standard inform, 2011. P. 8.

UDC 628.162.5

Kalafatov E. T., Polyakova N. Yu., Gorb N. N.

### EXPERIMENTAL STUDIES OF THE PROCESS OF DRYING *ROSA ODORATA* PETALS IN THE SOLAR DRYER

**Summary.** *The goal of the current study was to determine the parameters of drying Rosa odorata petals in the experimental sample of solar dryer intended for drying fruits and vegetables. Research was carried out on the basis of the "Crimean Gardening Experimental Station" (Simferopol district, village Malenkoye). The prevailing weather conditions were wet, and thus, the process of drying rose petals was complicated. The research methodology was the following: 250–300 g of petals were placed on net trays of the solar dryer; in total 48 trays. Herewith, the control samples were weighed separately and placed in the middle section of the dryer, where the temperature and airflow velocity remained unchanged. The drying process was monitored every hour by weighing the control samples and determining the weight loss by a well-known methodology. The humidity and the drying temperature were fixed using a DVM-171TND device placed in a section with control samples. Drying was done in June 2017, under different weather conditions, allowing comparison of drying parameters using other tubular electric heating elements (4 kW) or only solar energy. It had been found that the power consumption of the dryer was the same in both cases, and the mass of the dried product decreased by more than 10 times and was around 76 g from 1000 g of initial raw material, while the initial moisture content of the raw material was 92 and the final moisture content was 7%. During the experiment, 132 kg of raw materials was loaded into the dryer and more than 10 kg of dried petals of Rosa odorata were received. The conclusion about the possibility of using box dryers, regardless of the principle of their operation (traditional and non-traditional power sources) for drying petals of Rosa odorata was made. And also the conclusion was made about the inexpediency of this kind of solar*



*dryer using for large volumes of raw materials due to the complexity of the loading and unloading process.*

**Keywords:** medicinal herbs, drying, petals of *Rosa odorata*, solar dryer to dehydrate fruits, programmable sensor, temperature, humidity.

Калафатов Энвер Тефикович, кандидат технических наук, доцент кафедры механизации и технического сервиса в АПК Академии биоресурсов и природопользования ФГАОУ ВО «Крымский Федеральный университет имени В. И. Вернадского»; 295492, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, п. Аграрное.

Полякова Наталья Юрьевна, заведующая отделом Научно-технической информации и ГИС технологий ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295000, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: polyakova\_n@niishk.ru.

Горб Надежда Никаноровна, научный сотрудник отделения Крымской опытной станции садоводства ФГБУН «Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН»; 295000, Россия, Республика Крым, Симферопольский район, с. Маленькое.

Kalafatov Enver Tefikovich, Cand. Sc. (Tech.), associate professor of the Department of mechanization and technical service in the Agra-industrial complex of the Academy of Bioresources and Nature Management of V. I. Vernadsky Crimean Federal University; village of Agrarnoye, Simferopol, Republic of Crimea, 295492; Russia.

Polyakova Natalia Yuryevna, head of the Department of scientific and technical information and GIS technologies of FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150 Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295000, Russia; e-mail: polyakova\_n@niishk. ru.

Gorb Nadezhda Nikanorovna, researcher of the Branch “Crimean Gardening Experimental Station” of Federal State-Funded Institution of Science “The Labor Red Banner Order Nikita Botanical Gardens – National Scientific Center of Russian Academy of Sciences”; village Malenkoye, Simferopol district, Republic of Crimea, 295000, Russia.

*Дата поступления в редакцию – 19.03.2018.*

*Дата принятия к печати – 04.04.2018.*





Свободная цена