

# АГРОХИМИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК

AGROCHEMICAL HERALD



ВТОРАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

«ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДСТВА И  
ПЕРЕРАБОТКИ КЛУБНЕВЫХ И  
КОРНЕПЛОДНЫХ КУЛЬТУР»

20-21 НОЯБРЯ 2025 ГОДА

МОСКВА, МГУ ИМЕНИ М.В. ЛОМОНОСОВА

2025

5

СПЕЦИАЛЬНЫЙ  
ВЫПУСК



# СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЗАЩИТЫ

**PROXIDER**



дымовая шашка  
для защиты от заморозков

**TERMOZON**



дымовые шашки  
для защиты от насекомых

**InsectoMAX**



сухие спреи  
для защиты от насекомых

**PROXIDER**



дымовые шашки  
от бактерий и грибов

**InfectoMAX**



**СКОРО**  
дымовая шашка  
для защиты зерна



**PROXIDER -  
если важен результат**

+7(999) 541-26-09

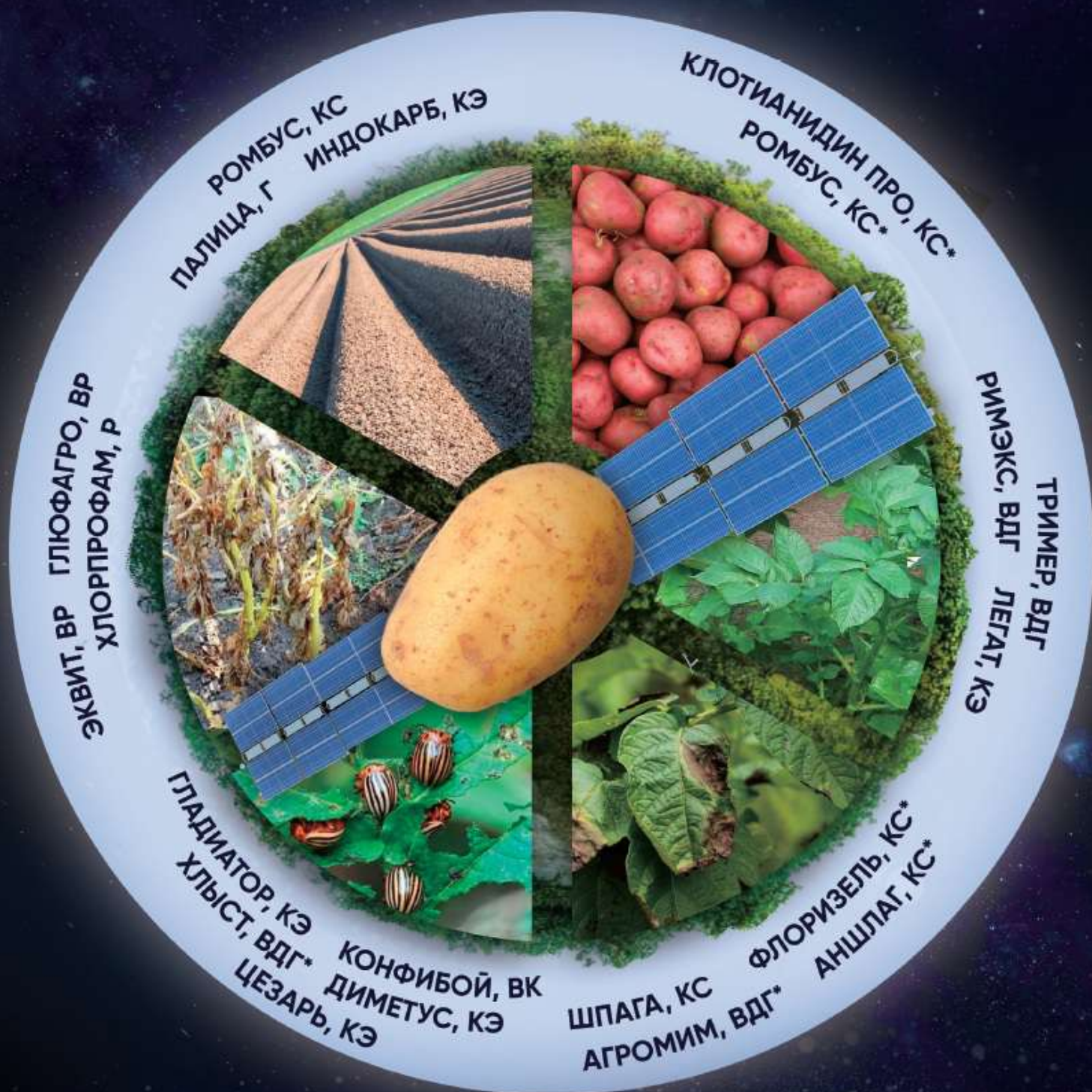
 [www.proxider.ru](http://www.proxider.ru)





# Агрохим XXI

## ВРЕМЯ ПОКУПАТЬ!



AGROCHIM-XXI.RU

\* - готовятся к регистрации



+7(499)138-31-28

commers@agrochim-xxi.ru



«Широко распространяет химия руки свои в дела человеческие... Куда ни посмотрим, куда ни оглянемся, везде обращаются перед очами нашими успехи ее прилежания»

М.В. Ломоносов

Журнал входит в базу данных российских научных журналов Russian Science Citation Index (RSCI) на платформе Web of Science (WoS), включен в международные базы данных Chemical Abstracts (CAS (pt)), Agricultural Research Information System (AGRIS), Crossref, Google Scholar и Research Bible.

## СОДЕРЖАНИЕ

### КОРНЕПЛОДЫ И КЛУБНИ – 2025

|                                                                                                                                                                                                                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Азимова Н.Ш., Равшанов Б.А., Хамидова Х.М., Шукуров О.Н., Каримов Х.Х.</b> Разнообразие фитопатогенных грибов, поражающих клубни картофеля в Узбекистане.....                                                                                                           | 5  |
| <b>Андреевская В.М., Еланский С.Н., Козычева А.М., Лисовой А.М., Добриков Г.А., Чудинова Е.М., Севостьянов М.А.</b> Бактерия <i>Pseudomonas chlororaphis</i> как перспективный агент биоконтроля.....                                                                      | 7  |
| <b>Батов А.С., Гуреева Ю.А., Колошина К.А.</b> Оценка пригодности сортов картофеля различной группы спелости к переработке на хрустящий картофель.....                                                                                                                     | 11 |
| <b>Вологин С.Г.</b> Биометрическая оценка данных иммуноферментного анализа при проведении диагностики Y вируса картофеля.....                                                                                                                                              | 13 |
| <b>Вологин С.Г., Лутфуллин М.Т., Лутфуллина Г.Ф., Николаева А.А., Марданова А.М.</b> Характеристика комплекса микромицетов рода <i>Fusarium</i> , поражающего картофель на серых лесных почвах в Республике Татарстан.....                                                 | 18 |
| <b>Вологин С.Г., Гизатуллина А.Т., Гимаева Е.А., Сташевски З., Закиева Э.И., Амерханова Ф.Р.</b> Оценка сортов картофеля по устойчивости к развитию болезней на растениях и клубнях.....                                                                                   | 22 |
| <b>Гайсина Э.М., Пакина Е.Н., Игнатов А.Н.</b> К вопросу передачи вирусной инфекции ботаническими семенами картофеля.....                                                                                                                                                  | 26 |
| <b>Герр Е.С., Стогниенко О.И., Приходько Ю.Н., Живаева Т.С., Пручкина М.А.</b> Цикадовые в посевах сахарной свеклы в ЦЧР и их вирофорность <i>Candidatus Phytoplasma solani</i> .....                                                                                      | 29 |
| <b>Гуреева Ю.А., Батов А.С., Колошина К.А.</b> Изучение исходного материала для селекции раннеспелых сортов картофеля в условиях Лесостепи Новосибирского Приобья.....                                                                                                     | 33 |
| <b>Еланский С.Н., Скоков Д.Н., Цинделиани А.А., Еланский А.С., Кокаева Л.Ю., Ярмеева М.М., Азимова Н.Ш., Николаев А.В., Чудинова Е.М.</b> Видовой состав грибов рода <i>Fusarium</i> , выделенных из клубней картофеля с симптомами сухой гнили.....                       | 36 |
| <b>Енгальчева И.А., Ветрова С.А., Чижик В.К., Середин Т.М.</b> Перекрестная патогенность грибов <i>Fusarium</i> , выделенных с культур семейства Alliaceae.....                                                                                                            | 40 |
| <b>Зейрук В.Н., Деревягина М.К., Васильева С.В., Белов Г.Л., Каплин В.С., Богословская О.А., Глуценко Н.Н.</b> Эффективность нанобиопрепаратов на основе микроэлементов в защите картофеля от болезней.....                                                                | 43 |
| <b>Игнатъева И.М., Беялетдинова Я.Ш.</b> Разработка и апробация нового ПЦР в режиме «реального времени» при идентификации <i>Pectobacterium betavascularum</i> в семенном материале.....                                                                                   | 47 |
| <b>Каменева А.В., Слепова М.Е.</b> Кросспатогенность бактерии рода <i>Pseudomonas</i> sp. на культурах семейства Cucurbitaceae L. и <i>Solanum tuberosum</i> L. ....                                                                                                       | 51 |
| <b>Козарь Е.Г., Ветрова С.А., Мухина К.С., Чижик В.К., Енгальчева И.А.</b> Идентификация и патогенные свойства грибов <i>Fusarium</i> , ассоциированных с фузариозной гнилью свеклы столовой.....                                                                          | 54 |
| <b>Колошина К.А., Полухин Н.И., Батов А.С., Гуреева Ю.А.</b> Сравнительная оценка методов получения миниклубней картофеля для производства высококачественного семенного материала.....                                                                                    | 58 |
| <b>Корнев А.В., Смирнова И.В.</b> Направления селекции цикория корневого.....                                                                                                                                                                                              | 61 |
| <b>Кривонос К.С., Локишин Г.В., Зейрук В.Н., Белов Г.Л., Мальцев С.В., Чудинова Е.М., Еланский С.Н.</b> Эффективность использования дымовых шашек производства ООО «Пироспецэффект» для дезинфекции картофелехранилищ и обработки клубней перед закладкой на хранение..... | 64 |
| <b>Кривонос К.С., Локишин Г.В., Белов Г.Л., Зейрук В.Н.</b> Применение инсектицидного средства «PROXIDER BIO» производства ООО «Пироспецэффект» в борьбе с колорадским жуком.....                                                                                          | 68 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Кузнецова М.А., Демидова В.Н., Семенюк И.Н., Сметанина Т.И., Ерохова М.Д., Стацюк Н.В., Рогожин А.Н.</b> Снижение вредоносности альтернариоза картофеля с использованием современных фунгицидов.....                                                                                                                         | 71  |
| <b>Кусак А.А., Близнюк У.А., Борщевская П.Ю., Зубрицкая Я.В., Золотов С.А., Малюга А.А., Межетова И.Т., Никитченко А.Д., Родин И.А., Черняев А.П., Чуликова Н.С., Юров Д.С.</b> Влияние низкоэнергетического ионизирующего излучения на посевные качества картофеля сортов Гала и Фиолетовый.....                               | 75  |
| <b>Межетова И.Т., Близнюк У.А., Борщевская П.Ю., Зубрицкая Я.В., Золотов С.А., Ипатов В.С., Козлова Е.К., Малюга А.А., Никитченко А.Д., Опруненко А.Ю., Родин И.А., Черняев А.П., Чуликова Н.С., Юров Д.С.</b> Влияние предпосадочной радиационной обработки на биохимические показатели урожая картофеля при его хранении..... | 77  |
| <b>Мирошников А.А.</b> Возделывание сортов цикория на дерново-подзолистой почве для переработки на инулинсодержащие препараты.....                                                                                                                                                                                              | 80  |
| <b>Михель И.М., Барашкова А.С., Рогожин Е.А.</b> Потенциал растительных антимикробных пептидов для защиты картофеля от фитофтороза.....                                                                                                                                                                                         | 83  |
| <b>Надежкин С.М., Пэлий А.Ф., Маркарова М.Ю., Молчанова А.В.</b> Влияние кремнийсодержащего удобрения АпаСил на урожайность и сохранность свеклы столовой ( <i>Beta vulgaris</i> L.) .....                                                                                                                                      | 86  |
| <b>Николаев А.В., Еланский С.Н., Астайкина А.А., Кубарев Е.Н., Козырева А.М., Чудинова Е.М., Смирнова И.В., Шоба С.А.</b> Применение гербицидов в посевах цикория корневого.....                                                                                                                                                | 89  |
| <b>Партоев К., Симаков Е.А., Алиев У.К., Кубарев Е.Н.</b> Варьирование урожайности сортов картофеля ( <i>Solanum tuberosum</i> L.) в условиях Файзабадского района Таджикистана.....                                                                                                                                            | 92  |
| <b>Партоев К., Сатторов Б.Н., Алиев У.А., Мирзоали С.</b> Роль селекции в повышении адаптации растений и продовольственной безопасности в условиях Таджикистана.....                                                                                                                                                            | 94  |
| <b>Приходько Ю.Н., Живаева Т.С., Пручкина М.А., Селявкин С.Н., Лозовая Е.Н., Шнейдер Ю.А., Стогниенко О.И., Герр Е.С.</b> Вирус черного ожога свеклы ( <i>Betaneovirus betae</i> ) – выявление на территории Российской Федерации и генетические особенности выявленных изолятов.....                                           | 96  |
| <b>Ромашкин Р.А., Каменецкая О.В.</b> Российский рынок картофеля: состояние, вызовы и стратегические направления развития.....                                                                                                                                                                                                  | 100 |
| <b>Середин Т.М., Хаустова Н.А., Баранова Е.В., Слетова М.Е., Шумилина В.В., Кохтенкова И.Г.</b> Основные морфометрические и хозяйственно ценные признаки <i>Allium ascalonicum</i> L. в условиях Московской области.....                                                                                                        | 103 |
| <b>Старовойтов В.И., Бызов В.А., Манохина А.А., Старовойтова О.А.</b> Выращивание и переработка овощного топинамбура в России.....                                                                                                                                                                                              | 107 |
| <b>Стебницкая К.С., Байков А.А., Домблдес А.С.</b> Влияние функциональных генов на накопление каротиноидов в корнеплодах моркови.....                                                                                                                                                                                           | 110 |
| <b>Тихонова Т.О., Козарь Е.Г., Степанов В.А., Енгальчева И.А.</b> Комплексная оценка коллекционного материала моркови столовой и отбор исходного материала для механизированной технологии.....                                                                                                                                 | 114 |
| <b>Хайтбаева Н.С., Есенова Д.Б.</b> Грибные болезни картофеля в экстремальных условиях Узбекистана.....                                                                                                                                                                                                                         | 117 |
| <b>Чудинова Е.М., Диаките С., Осей Г., Норку Б., Бенсон-Обенг Г., Еланский А.С., Скоков Д.Н., Цинделиани А.А., Пакина Е.Н., Еланский С.Н.</b> Видовое разнообразие грибов рода <i>Fusarium</i> из клубней картофеля, выращенного в Республике Бенин (Западная Африка) .....                                                     | 119 |
| <b>Чудинова Е.М., Цинделиани А.А., Скоков Д.Н., Белов Г.Л., Зейрук В.Н., Еланский С.Н.</b> Влияние обработки клубней картофеля тиabendазолом на развитие грибных болезней при хранении.....                                                                                                                                     | 122 |
| <b>Шамин А.А., Стогниенко О.И.</b> Особенности распределения численности и биомассы почвенных грибов в пахотном горизонте свекловичных полей Черноземья с разными приемами агротехники.....                                                                                                                                     | 125 |

**Главный редактор:** И.С. Прохоров, к.с.-х.н.

**Редакция:** И.И. Прохорова (директор), М.В. Царева, к.с.-х.н., С.Г. Царева

**Редколлегия:** Л.С. Бакуменко, к.э.н., С.Л. Белопухов, д.с.-х.н., к.х.н., Н.М. Белоус, д.с.-х.н., И.И. Дмитриевская, д.с.-х.н., Л.А. Дорожкина, д.с.-х.н., А.А. Завалин, д.с.-х.н., С.Ю. Зайцев, д.б.н., д.х.н., А.Л. Иванов, д.б.н., Л.В. Кирейчева, д.т.н., И.А. Коленченко, к.э.н., А.В. Кураков, д.б.н., А.В. Леднев, д.с.-х.н., С.В. Лукин, д.с.-х.н., С.М. Лукин, д.б.н., А.А. Лукманов, д.с.-х.н., М.Г. Мустафаев, д.с.-х.н. (Азербайджан), С.М. Надежкин, д.б.н., М.М. Овчаренко, д.с.-х.н., к.х.н., А.В. Пасынков, д.б.н., Т.Ф. Персикова, д.с.-х.н. (Беларусь), А.А. Плотников, к.с.-х.н., О.А. Подколзин, д.с.-х.н., Т.Р. Рыспеков (Казахстан), к.с.-х.н., Н.И. Санжарова, д.б.н., В.М. Семенов, д.б.н., В.И. Титова, д.с.-х.н., П.А. Чекмарев, д.с.-х.н., О.Х. Эргашева, к.б.н. (Узбекистан)

**Адрес для переписки:** 115419, г. Москва, ул. Шаболовка, 65-1-50. **Моб.:** +7-965-183-20-79, **Тел/факс:** +7-495-952-76-25

**www.agrochemv.ru e-mail: agrochem\_herald@mail.ru**

Отпечатано в ООО «САМ Полиграфист», г. Москва, 109316, Волгоградский пр-т, д. 42, корп. 5

Подписано в печать 12.11.2025 г. Печать цифровая. Формат 60х90/8. Заказ 59521.

Журнал зарегистрирован в Министерстве печати и информации Российской Федерации 29 апреля 1997 г. № 011095.

№ 5  
2025

Established  
in June  
1929

# AGROCHEMICAL HERALD

Scientific and practical journal

FOUNDERS  
Ministry of Agriculture  
of the Russian Federation  
Autonomous non-profit  
organization "Editorial  
"Chemistry in agriculture"

«Chemistry of their hands to human affairs is widely spread... Wherever we look,  
wherever we look back, our success in diligence is appealing to our eyes»

M.V. Lomonosov

Journal indexed in Russian Science Citation Index (RSCI – Russian platform of Web of Science), International Chemical Journals Database Chemical Abstracts (CAS (pt)), Agricultural Research Information System (AGRIS), Crossref, Google Scholar and Research Bible.

## CONTENTS

### ROOT AND TUBER CROPS – 2025

|                                                                                                                                                                                                                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Azimova N.Sh., Ravshanov B.A., Khamidova Kh.M., Shukurov O.N., Karimov Kh.Kh.</b> Diversity of phytopathogenic fungi affecting potato tubers in Uzbekistan.....                                                                                                     | 5  |
| <b>Andreevskaya V.M., Elansky S.N., Kozycheva A.M., Lisovoy A.M., Dobrikov G.A., Chudinova E.M., Sevostyanov M.A.</b> <i>Pseudomonas chlororaphis</i> bacterium as a promising agent for biocontrol.....                                                               | 7  |
| <b>Batov A.S., Gureeva Yu.A., Koloshina K.A.</b> Evaluation of the suitability of potato varieties of different maturity groups for processing into crispy potatoes.....                                                                                               | 11 |
| <b>Vologin S.G.</b> Biometric analysis of enzyme-linked immunosorbent assay data for potato virus Y detection.....                                                                                                                                                     | 13 |
| <b>Vologin S.G., Lutfullin M.T., Lutfullina G.F., Nikolaeva A.A., Mardanova A.M.</b> Characteristics of <i>Fusarium</i> genus micromycetes complex infecting potatoes on Alfisols in Republic of Tatarstan.....                                                        | 18 |
| <b>Vologin S.G., Gizatullina A.T., Gimaeva E.A., Stasevski Z., Zakieva E.I., Amerkhanova F.R.</b> Evaluation of potato varieties resistance to disease development on plants and tubers.....                                                                           | 22 |
| <b>Gaisina E.M., Pakina E.N., Ignatov A.N.</b> On the issue of the transmission of viral infections through botanical potato seeds.....                                                                                                                                | 26 |
| <b>Gerr E.S., Stognienko O.I., Prihodko Yu.N., Zhivaeva T.S., Pruchkina M.A.</b> Cicadellids in Sugar Beet Crops in the Central Black Earth Region and Their Virophorism of <i>Candidatus</i> Phytoplasma solani.....                                                  | 29 |
| <b>Gureeva Yu.A., Batov A.S., Koloshina K.A.</b> Evaluation of germplasm for breeding early-maturing potato varieties under the conditions of the forest-steppe zone of Novosibirsk Pribye.....                                                                        | 33 |
| <b>Elansky S.N., Skokov D.N., Tsindeliiani A.A., Elansky A.S., Kokaeva L.Yu., Yarmeeva M.M., Azimova N.Sh., Nikolaev A.V., Chudinova E.M.</b> Species composition of <i>Fusarium</i> fungi isolated from potato tubers with dry rot symptoms.....                      | 36 |
| <b>Engalycheva I.A., Vetrova S.A., Chizhik V.K., Seredin T.M.</b> Cross-pathogenicity of <i>Fusarium</i> fungi isolated from cultures of the Alliaceae family.....                                                                                                     | 40 |
| <b>Zeyruk V.N., Derevyagina M.K., Vasilyeva S.V., Belov G.L., Kaplin V.S., Bogoslovskaya O.A., Glushchenko N.N.</b> Efficacy of microelement-based nanobiopreparations in potato disease control.....                                                                  | 43 |
| <b>Ignatyeva I.M., Belialetdinova Y.S.</b> Development and approbation of a new real-time PCR for identification of <i>Pectobacterium betavascularum</i> in seed material.....                                                                                         | 47 |
| <b>Kameneva A.V., Sletova M.E.</b> Cross-pathogenicity of bacteria of the genus <i>Pseudomonas</i> sp. on crops of the Cucurbitaceae L. family and potatoes.....                                                                                                       | 51 |
| <b>Kozar E.G., Vetrova S.A., Muhina K.S., Chizhik V.K., Engalycheva I.A.</b> Identification and study of pathogenic properties of <i>Fusarium</i> fungi associated with fusarium beetroot.....                                                                         | 54 |
| <b>Koloshina K.A., Polukhin N.I., Batov A.S., Gureeva Yu.A.</b> Comparative evaluation of methods for producing potato minitubers for high-quality seed material.....                                                                                                  | 58 |
| <b>Kornev A.V., Smirnova I.V.</b> Directions of root chicory breeding.....                                                                                                                                                                                             | 61 |
| <b>Krivosos K.S., Lokshin G.V., Zeyruk V.N., Belov G.L., Maltsev S.V., Chudinova E.M., Elansky S.N.</b> Efficacy of disinfectant smoke generators produced by LLC «Pirospetseffekt» for disinfecting potato storage facilities and treating tubers before storage..... | 64 |
| <b>Krivosos K.S., Lokshin G.V., Belov G.L., Zeyruk V.N.</b> Efficacy of insecticidal agent «PROXIDER BIO» produced by LLC «Pirospetseffekt» against Colorado potato beetle.....                                                                                        | 68 |



|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Kuznetsova M.A., Demidova V.N., Semeniuk I.N., Smetanina T.I., Erokhova M.D., Statsyuk N.V., Rogozhin A.N.</b> Reduction of the potato early blight severity using modern fungicides.....                                                                                                                                               | 71  |
| <b>Kusak A.A., Bliznyuk U.A., Borshchegovskaya P.Yu., Zubritskaya Ya.V., Zolotov S.A., Malyuga A.A., Mezhetova I.T., Nikitchenko A.D., Rodin I.A., Chernyaev A.P., Chulikova N.S., Yurov D.S.</b> The impact of low-energy ionizing radiation on the sowing qualities of potato varieties Gala and Fioletovy.....                          | 75  |
| <b>Mezhetova I.T., Bliznyuk U.A., Borshchegovskaya P.Yu., Zubritskaya Ya.V., Zolotov S.A., Ipatova V.S., Kozlova E.K., Malyuga A.A., Nikitchenko A.D., Oprunenko A.Yu., Rodin I.A., Chernyaev A.P., Chulikova N.S., Yurov D.S.</b> The effect of pre-planting irradiation on the biochemical parameters of potato crop during storage..... | 77  |
| <b>Miroshnikov A.A.</b> Cultivation of chicory varieties on soddy-podzolic soil for processing into inulin-containing preparations.....                                                                                                                                                                                                    | 80  |
| <b>Mikhel I.M., Barashkova A.S., Rogozhin E.A.</b> Potential of plant antimicrobial peptides for protection of potato from late blight.....                                                                                                                                                                                                | 83  |
| <b>Nadezhkin S.M., Peliy A.F., Markarova M.Y., Molchanova A.V.</b> Influence of silicon-containing fertilizer ApaSil on yield and conservation of table beet ( <i>Beta vulgaris</i> L.).....                                                                                                                                               | 86  |
| <b>Nikolaev A.V., Elansky S.N., Astaikina A.A., Kubarev E.N., Chudinova E.M., Smirnova I.V., Shoba S.A.</b> Application of herbicides in chicory root crops.....                                                                                                                                                                           | 89  |
| <b>Partoev K., Simakov E.A., Aliev U.K., Kubarev E.N.</b> Varying the yield of potato varieties ( <i>Solanum tuberosum</i> L.) in the conditions of the Fayzabad district of Tajikistan.....                                                                                                                                               | 92  |
| <b>Partoev K., Sattorov B.N., Aliev U.A., Mirzoali S.</b> The role of breeding in increasing adaptation plants and food security in Tajikistan.....                                                                                                                                                                                        | 94  |
| <b>Prikhodko Y.N., Zhivaeva T.S., Pruchkina M.A., Selyavkin S.N., Lozovaya E.N., Shneyder Y.A., Stognienko O.I., Gerr E.S.</b> Beet black blight virus (Betanecrovirus betae) – detection in the territory of the Russian Federation and genetic characteristics of the identified isolates.....                                           | 96  |
| <b>Romashkin R.A., Kamenetskaya O.V.</b> The Russian Potato Market: Current State, Challenges, and Strategic Development Priorities.....                                                                                                                                                                                                   | 100 |
| <b>Seredin T.M., Khaustova N.A., Baranova E.V., Sletova M.E., Shumilina V.V., Kokhtenkova I.G.</b> The main morphometric and economically valuable signs of <i>Allium ascalonicum</i> L. in the conditions of the Moscow region....                                                                                                        | 103 |
| <b>Starovoitov V.I., Byzov V.A., Manokhina A.A., Starovoitova O.A.</b> Cultivation and processing of Jerusalem artichoke vegetable culture in Russia.....                                                                                                                                                                                  | 107 |
| <b>Stebnitskaia K.S., Baikov A.A., Domblides A.S.</b> Influence of functional genes on carotenoid accumulation in carrot root.....                                                                                                                                                                                                         | 110 |
| <b>Tikhonova T.O., Kozar E.G., Stepanov V.A., Engalycheva I.A.</b> Comprehensive assessment of carrot collection material and creation of source material for mechanized technology.....                                                                                                                                                   | 114 |
| <b>Khaitbaeva N.S., Yesenova D.B.</b> Fungal diseases of potatoes in the extreme conditions of Uzbekistan.....                                                                                                                                                                                                                             | 117 |
| <b>Chudinova E.M., Diakite S., Osei G., Norku B., Benson-Obeng G., Elansky A.S., Skokov D.N., Tsindeliani A.A., Pakina E.N., Elansky S.N.</b> Species Diversity of Fungi Isolated from Potato Tubers Grown in Benin.....                                                                                                                   | 119 |
| <b>Chudinova E.M., Tsindeliani A.A., Skokov D.N., Belov G.L., Zeyruk V.N., Elansky S.N.</b> Effect of treatment of potato tubers with thiabendazole on the development of fungal diseases during storage.....                                                                                                                              | 122 |
| <b>Shamin A.A., Stognienko O.I.</b> Distribution of quantity and biomass of soil fungi in the arable horizon of sugar beet fields of the Chernozem region with different agricultural practices.....                                                                                                                                       | 125 |

**Editor-in-chief:** Ph.D. I.S. Prokhorov

**Editorial office:** I.I. Prokhorova (director), Ph.D. M.V. Tsareva, S.G. Tsareva

**Editorial board:** Ph.D. L.S. Bakumenko, Dr.Sci. S.L. Belopukhov, Dr.Sci. N.M. Belous, Dr.Sci. I.I. Dmitrevskaya, Dr.Sci. L.A. Dorozhkina, Acad., Dr.Sci. A.A. Zavalin, Dr.Sci. S.Yu. Zaitsev, Acad., Dr.Sci. A.L. Ivanov, Dr.Sci. L.V. Kireycheva, Ph.D. I.A. Kolenchenko, Dr.Sci. A.V. Kurakov, Dr.Sci. A.V. Lednev, Corr.-member, Dr.Sci. S.V. Lukin, Dr.Sci. S.M. Lukin, Dr.Sci. A.A. Lukmanov, Dr.Sci. M.G. Mustafaeu (Azerbaijan), Dr.Sci. S.M. Nadezhkin, Dr.Sci. M.M. Ovcharenko, Dr.Sci. A.V. Pasyukov, Dr.Sci. T.F. Persikova (Belarus), Ph.D. A.A. Plotnikov, Corr.-member, Dr.Sci. O.A. Podkolzin, Dr.Sci. T.R. Ryspekov (Kazakhstan), Corr.-member, Dr.Sci. N.I. Sanzharova, Dr.Sci. V.M. Semenov, Dr.Sci. V.I. Titova, Acad., Dr.Sci. P.A. Chekmarev, Ph.D. O.Kh. Ergasheva (Uzbekistan)

**Post address:** 65-1-50, Shabolovka st., Moscow, 115419, Russian Federation. **Cell:** +7-965-183-20-79, **Tel/fax:** +7-495-952-76-25

**www.agrochemv.ru e-mail: agrochem\_herald@mail.ru**

Printed by «SAM Poligrafist» Ltd., 5-42, Volgograd prospect, Moscow, 109316

Signed for printing 12 of November 2025. Digital printing. Format 60x90/8. Order 59521.

Journal registered by Ministry for Press and Information of the Russian Federation 29 April of 1997 № 011095

Journal has been publishing since June of 1929 (prev. titles «Harvest and Fertilizer» («Udobrenie i Urozhay»),

«Chemization of Socialistic Agriculture» («Khimizatsiya sotsialisticheskogo zemledeliya»),

«Chemistry in Agriculture» («Khimiya v sel'skom khozyaistve»), «Chemization of Agriculture» («Khimizatsiya sel'skogo khozyaistva»))

## РАЗНООБРАЗИЕ ФИТОПАТОГЕННЫХ ГРИБОВ, ПОРАЖАЮЩИХ КЛУБНИ КАРТОФЕЛЯ В УЗБЕКИСТАНЕ

Н.Ш. Азимова<sup>1,2</sup>, Б.А. Равшанов<sup>2</sup>, Х.М. Хамидова<sup>2</sup>, О.Н. Шукуров<sup>2</sup>, Х.Х. Каримов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт фундаментальных и прикладных исследований при НИУ «ТИИИМСХ»,  
Ташкент, Узбекистан, e-mail: azimovanodira@mail.ru

<sup>2</sup>Институт микробиологии АНРУз, Ташкент, Узбекистан

**Аннотация.** В картофелехранилищах отобраны пораженные грибными болезнями клубни местных сортов картофеля «Umid», «Umid-2» и «O'zbekiston qizili», выращенные в Кибрайском районе Ташкентской области. Из клубней выделены 18 изолятов мицелиальных грибов. Культурально-морфологический анализ показал их принадлежность родам *Fusarium*, *Alternaria*, *Penicillium*, *Rhizoctonia* и *Aspergillus*. Все изоляты вызвали заболевание на здоровых тканях клубней картофеля сорта Гала.

**Ключевые слова:** сорта картофеля, болезни картофеля, Umid, O'zbekiston qizili, хранение картофеля.

## DIVERSITY OF PHYTOPATHOGENIC FUNGI AFFECTING POTATO TUBERS IN UZBEKISTAN

N.Sh. Azimova<sup>1,2</sup>, B.A. Ravshanov<sup>2</sup>, Kh.M. Khamidova<sup>2</sup>, O.N. Shukurov<sup>2</sup>, Kh.Kh. Karimov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institute of Fundamental and Applied Research under «TIAME» NRU, Tashkent, Uzbekistan

<sup>2</sup>Institute of Microbiology, Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan  
e-mail: azimovanodira@mail.ru

**Abstract.** Potato tubers of the local potato varieties «Umid», «Umid-2», and «O'zbekiston Qizili», infected with fungal diseases and grown in the Kibray district of Tashkent region, were collected from potato storage facilities. Eighteen isolates of filamentous fungi were isolated from the tubers. Culture and morphological analysis revealed that they belonged to the genera *Fusarium*, *Alternaria*, *Penicillium*, *Rhizoctonia*, and *Aspergillus*. All isolates caused disease in healthy tubers of the Gala potato variety.

**Keywords:** potato varieties, potato diseases, Umid, O'zbekiston qizili, potato storage.

**Введение.** Картофель (*Solanum tuberosum* L.) – одна из широко возделываемых культур в мире; он занимает четвертое место среди важнейших продовольственных растений после риса (*Oryza sativa* L.), пшеницы (*Triticum aestivum* L.) и кукурузы (*Zea mays* L.) [1]. В Узбекистане картофель относится к числу важнейших продовольственных культур. В 2022 г. в Республике было выращено около 3,4 млн. т клубней [2].

В процессе хранения и транспортировки клубней актуальной остается проблема болезней, вызываемых фитопатогенными грибами. Потери при хранении достигают 25-30% и связаны они преимущественно с грибными болезнями [3]. Наиболее распространенные болезни, поражающие клубни как в поле, так и при хранении – фузариоз (возбудители – *Fusarium* spp.), фитофтороз (*Phytophthora infestans*), альтернариоз (*Alternaria* spp.) и ризоктониоз (*Rhizoctonia solani*) [4]. В последние 10 лет сухая гниль картофеля, вызываемая видами рода *Fusarium*, стала существенной проблемой при производстве и хранении [5]. Ежегодные потери клубней из-за сухой гнили при хранении составляют от 6,25 до 25% [6].

**Цель исследования** – изучение разнообразия и патогенности грибов, поражающих при хранении клубни местных сортов картофеля, выращиваемых в Ташкентской области.

**Материалы и методы.** В картофелехранилищах отбирали пораженные грибными болезнями клубни местных сортов картофеля «Umid», «Umid-2» и «O'zbekiston qizili», выращенные в Кибрайском районе Ташкентской области. Для выделения мицелиальных грибов клубни картофеля тщательно промывали в проточной воде и высушивали. Затем их протирали стерильным ватным тампоном, смоченным в 80% растворе этилового спирта, и 1-2 секунды обжигали [7]. Стерилизованные снаружи клубни картофеля с помощью стерильного скальпеля разрезали на фрагменты размером 1-2 см. Зараженные и здоровые кусочки картофеля при помощи стерильного пинцета помещали на питательную среду КДА (картофельно-декстрозный агар) в чашке Петри, которые затем инкубировали в термостате при температуре 25°C. Через 3-7 суток инкубации с края выросшей колонии вырезали агаровый блок и пересевали на новую чашку Петри со средой КДА.



Таксономическую идентификацию изолятов грибов проводили по морфолого-культуральным признакам с использованием определителей и литературных источников, опубликованных как в стране, так и за рубежом [8-12]. Микроморфологию структур грибов изучали с помощью микроскопов марок XSP-136B и N-300M (UCMOSO9000KPB) при максимальном увеличении 400×.

Анализ патогенности проводили на ломтиках здоровых клубней сорта Гала. Из колоний грибов, выращенных на питательной среде КДА (картофельно-декстрозный агар), вырезали агаровые блоки диаметром 8 мм, которые помещали в центр ломтиков. Образцы инкубировали в термостате при температуре 25°C в течение 7 суток. Все эксперименты проводили в трехкратной повторности. Среднее значение и стандартную ошибку (SE) значений рассчитывали в программе Microsoft Excel (Microsoft Corporation, США).

**Результаты и обсуждение.** Из клубней картофеля сортов «Umid», «Umid-2» и «O'zbekiston qizili» были выделены 18 изолятов грибов из родов *Fusarium*, *Alternaria*, *Penicillium*, *Aspergillus* и *Rhizoctonia*. Из них 12 принадлежали к роду *Fusarium*, 2 к роду *Alternaria*, 2 к роду *Penicillium*, 1 к роду *Rhizoctonia* и 1 к роду *Aspergillus*. Теста на патогенность показал, что все изоляты активно развивались в здоровых тканях ломтиков клубней картофеля сорта Гала, формируя пятна поражения (таблица). У некоторых изолятов пятна имели вдавленный характер; в отдельных случаях наблюдалось образование незначительных водянистых выделений. Наиболее агрессивными были изоляты *Fusarium* sp. 64, *Alternaria* sp. 65 и *Rhizoctonia* sp. 68, выделенные из сорта «Umid»; изолят *Fusarium* sp. 4, выделенный из сорта «Umid-2»; а также изоляты *Fusarium* sp. 50 и 51, *Aspergillus* sp. 53 из сорта «O'zbekiston qizili». Они характеризовались быстрым развитием в тканях клубня картофеля, способностью проникать вглубь, частично размягчая его структуру. При росте на ткани клубня изолята *Rhizoctonia* sp. 68 наблюдалось образование водянистых выделений.

**Таксономическая принадлежность и патогенность анализируемых изолятов грибов**

| Сорт картофеля, из которого выделен изолят | Номер изолята | Родовая принадлежность изолята | Диаметр поражения тканей клубня картофеля, мм |
|--------------------------------------------|---------------|--------------------------------|-----------------------------------------------|
| Umid                                       | 62            | <i>Fusarium</i>                | 20 ± 1,8*                                     |
| Umid                                       | 63            | <i>Fusarium</i>                | 16 ± 1,5                                      |
| Umid                                       | 64            | <i>Fusarium</i>                | 52 ± 3,4                                      |
| Umid                                       | 65            | <i>Alternaria</i>              | 40 ± 2,8                                      |
| Umid                                       | 66            | <i>Fusarium</i>                | 14 ± 1,5                                      |
| Umid                                       | 67            | <i>Alternaria</i>              | 16 ± 1,6                                      |
| Umid                                       | 68            | <i>Rhizoctonia</i>             | 40 ± 3,0                                      |
| Umid-2                                     | 2             | <i>Fusarium</i>                | 21 ± 1,8                                      |
| Umid-2                                     | 3             | <i>Fusarium</i>                | 11 ± 1,2                                      |
| Umid-2                                     | 4             | <i>Fusarium</i>                | 34 ± 2,7                                      |
| O'zbekiston qizili                         | 49            | <i>Penicillium</i>             | 12 ± 1,2                                      |
| O'zbekiston qizili                         | 50            | <i>Fusarium</i>                | 28 ± 2,1                                      |
| O'zbekiston qizili                         | 51            | <i>Fusarium</i>                | 24 ± 1,8                                      |
| O'zbekiston qizili                         | 52            | <i>Penicillium</i>             | 12 ± 1,2                                      |
| O'zbekiston qizili                         | 53            | <i>Aspergillus</i>             | 28 ± 2,4                                      |
| O'zbekiston qizili                         | 54            | <i>Fusarium</i>                | 21 ± 1,6                                      |
| O'zbekiston qizili                         | 55            | <i>Fusarium</i>                | 11 ± 0,8                                      |
| O'zbekiston qizili                         | 56            | <i>Fusarium</i>                | 18 ± 1,4                                      |

Примечание: \* – стандартная ошибка (SE).

**Заключение.** В результате проведенных исследований собрана коллекция мицелиальных грибов, поражающих клубни картофеля при хранении в Ташкентской области Республики Узбекистан, исследованы их патогенность и таксономическая принадлежность. Полученные результаты могут служить научной основой для разработки мер защиты картофеля от фитопатогенов.

#### Литература

1. Liu J., Sun Z.Q., Zou Y.P., Li W.H. et al. Pre- and postharvest measures used to control decay and mycotoxigenic fungi in potato (*Solanum tuberosum* L.) during storage // Crit. Rev. Food Sci. Nutr., 2022, V. 62. – P. 415-428. <https://yuz.uz/ru/news/kartofelevodstvo-tendentsii-otrasli>
2. Жукова М.И., Серёда Г.М., Конопацкая М.В., Халаева В.И. Специфика проявления болезней клубней при хранении картофеля // Фитопатология, 2022. – С. 152-159.

3. Игнатов А.Н., Паньчева Ю.С., Воронина М.В., Васильев Д.М., Джалилов Ф.С. Динамика видового состава патогенов картофеля в европейской части РФ // Картофель и овощи, 2019, № 9. – С. 8-11.
4. Tiwari R.K.; Kumar R.; Sharma S. et al. Potato Dry Rot Disease: Current Status, Pathogenomics and Management // 3 Biotech, 2020, V. 10. – № 503.
5. Fan Y., Zhang W., Kang Y., Shi M. et al. Physiological and dynamic transcriptome analysis of two potato varieties reveal response of lignin and MAPK signal to dry rot caused by *Fusarium sulphureum* // Sci. Hortic., 2021, V. 289. – № 110470. doi: 10.1016/j.scienta.2021.110470.
6. Поликсенова В.Д., Храмов А.К., Пискун С.Г. Методические указания к занятиям спецпрактикума по разделу «Микология. Методы экспериментального изучения микроскопических грибов» для студентов 4 курса дневного отделения специальности «Г 31 01 01 – Биология». – Мн.: БГУ, 2004. – 36 с.
7. Сокирко В.П., Горьковенко В.С., Зазимко М.И. Фитопатогенные грибы (морфология и систематика) – Краснодар, 2014. – С. 108.
8. Leslie J.F., Summerell B.A. The *Fusarium* Laboratory Manual. – Blackwell Publishing. John Wiley & Sons, 2006. – 338 p.
9. Билай В.И. Фузариоз. – Киев: Наукова думка, 1977. – 441 с.
10. Билай В.И., Коваль Э.З. Аспергиллы. – Киев: Наукова думка, 1988. – 204 с.
11. Кириленко Т.С. Определитель почвенных сумчатых грибов. – Киев: Наукова думка, 1978. – 264 с.

УДК 632.952:579.64

DOI: 10.24412/1029-2551-2025-5-002s

## БАКТЕРИЯ *PSEUDOMONAS CHLORORAPHIS* КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЙ АГЕНТ БИОКОНТРОЛЯ

В.М. Андреевская<sup>1,2</sup>, С.Н. Еланский<sup>1,4</sup>, А.М. Козычева<sup>1</sup>, А.М. Лисовой<sup>2,3</sup>,  
Г.А. Добриков<sup>3</sup>, Е.М. Чудинова<sup>4</sup>, М.А. Севостьянов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, г. Москва

<sup>2</sup>ВНИИ Фитопатологии, Московская область, e-mail: nikaandreevskai@yandex.ru

<sup>3</sup>РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, г. Москва

<sup>4</sup>Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, г. Москва

**Аннотация.** Исследована антагонистическая активность штамма бактерии *Pseudomonas chlororaphis*, выделенного методом отпечатка из здоровых листьев картофеля. Штамм показал способность ограничивать рост фитопатогенных грибов и оомицетов *Alternaria protenta*, *Rhizoctonia solani*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Colletotrichum coccodes*, *Cladosporium cladosporioides*, *Helminthosporium solani*, *Phytophthora infestans*, *Fusarium luffae*. Тест на листьях, клубнях и вегетирующих растениях картофеля выявил отсутствие патогенности суспензии изучаемого штамма. Анализируемый штамм *P. chlororaphis* перспективен для использования в качестве агента биоконтроля фитопатогенных микроорганизмов.

**Ключевые слова:** биопрепарат, антагонистическая активность, болезни картофеля, биологическая защита растений, сухая гниль, фузариоз, *Fusarium*.

## *PSEUDOMONAS CHLORORAPHIS* BACTERIUM AS A PROMISING AGENT FOR BIOCONTROL

V.M. Andreevskaya<sup>1,2</sup>, S.N. Elansky<sup>1,4</sup>, A.M. Kozychева<sup>1</sup>, A.M. Lisovoy<sup>2,3</sup>,  
G.A. Dobrikov<sup>3</sup>, E.M. Chudinova<sup>4</sup>, M.A. Sevostyanov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia, e-mail: nikaandreevskai@yandex.ru

<sup>2</sup>All-Russian Research Institute of Phytopathology, Moscow region, Russia

<sup>3</sup>Russian Timiryazev State Agrarian University (RSAU – MTAA), Moscow, Russia

<sup>4</sup>Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia

**Abstract.** The antagonistic activity of the *Pseudomonas chlororaphis* bacterial strain isolated from healthy potato leaves by the imprint method was studied. The strain demonstrated the ability to limit the growth of phytopathogenic fungi and oomycetes *Alternaria protenta*, *Rhizoctonia solani*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Colletotrichum coccodes*, *Cladosporium cladosporioides*, *Helminthosporium solani*, *Phytophthora infestans*, *Fusarium luffae*. The test on leaves, tubers and vegetative potato plants revealed the absence of pathogenicity of



the suspension of the strain under study. The analyzed *P. chlororaphis* strain is promising for use as a biocontrol agent for phytopathogenic microorganisms.

**Keywords:** biopreparation, biological plant protection, antagonism, potato tubers, dry rot, *Fusarium*.

**Введение.** Род *Pseudomonas* представлен видами, занимающими широкий спектр эколого-трофических ниш благодаря метаболическому и физиологическому разнообразию. Препараты на основе штаммов *P. chlororaphis* зарегистрированы и используются в сельском хозяйстве некоторых зарубежных стран как средства защиты растений от фитопатогенных микроорганизмов, насекомых и нематод. Бактерии *P. chlororaphis* способны подавлять рост фитопатогенов и вредителей благодаря таким продуцируемым соединениям, как 2,4-диацетилфлороглюцинол, синильная кислота, пирролнитрин, пиолотеорин, феназин-1-карбоксамид, феназин-1-карбоновая кислота, 2-гидроксифеназин, 2-гексил-5-пропилалкилрезорцин [1]. В Российской Федерации биопрепараты на основе *P. chlororaphis* не зарегистрированы [2].

**Цель исследования** – изучение влияния *P. chlororaphis* на грибные патогены пасленовых культур, в том числе на грибы рода *Fusarium*, и оценка патогенности штамма в отношении растений картофеля.

**Материалы и методы.** Штамм брОО *P. chlororaphis* был выделен методом отпечатка на среде ГРАУ (на 1 л.: глюкоза 20 г, пептон 10 г, дрожжевой экстракт 5 г, агар-агар 18 г) с поверхности отмытых здоровых листьев картофеля сорта Цыганка в Орловской области Российской Федерации в 2023 г.

Оценку антагонистических свойств проводили с помощью метода встречных культур на горохово-морковном агаре (ГМА) для оомицета *Phytophthora infestans* и на картофельно-глюкозном агаре (КГА) для грибов. В качестве тест-объектов для анализа патогенности использовали штаммы видов *Alternaria protenta* E.G. Simmons, *Cladosporium cladosporioides* (Wallr.) S. Hughes, *Colletotrichum coccodes* (Wallr.) S. Hughes, *Fusarium luffae* M.M. Wang, Qian Chen & L. Cai, *Helminthosporium solani* Durieu&Mont, *Rhizoctonia solani* J.G. Kühn, *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary, *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary. Штаммы фитопатогенных микроорганизмов были получены из коллекций микроорганизмов кафедры микологии и альгологии биологического факультета МГУ и Агробιοтехнологического департамента АТИ РУДН. В чашку Петри с питательной средой помещали агаровый блок (5 x 5 мм) с мицелием гриба. На расстоянии 40 мм от агарового блока штрихом наносили бактерии (рис. 1). Для контроля штаммы грибов высаживали в центр свободной чашки Петри, которую инкубировали при тех же условиях, что и чашки с попарным срачиванием. Чашки инкубировали в термостате при 24°C и при 18°C для *P. infestans*. Ширину зоны отсутствия роста мицелия между колониями фитопатогена и тестируемой бактерии оценивали на 7 и 14 сутки инкубации, радиус колонии гриба или оомицета на контроле – через 7 суток.

Для оценки патогенности бактерии по отношению к картофелю использовали клубни сорта Жуковский ранний. Клубни были очищены от кожуры, продезинфицированы в спирте и пламени горелки, после чего нарезаны на ломтики толщиной около 7 мм. Для определения патогенности изучаемой бактерии в отношении целых клубней картофеля был использован метод укола. Для этого в клубень с помощью автоматического дозатора была введена суспензия бактерии (концентрация  $3,5 \times 10^5$  КОЕ/мл) в объеме 10 мкл, а в контроле – стерильная дионизированная вода в том же объеме. На ломтики клубня наносили каплю (10 мкл) суспензии той же концентрации или воду. Клубни культивировали в темноте в течение 40 дней при 18°C, ломтики – 7 дней при той же температуре. По истечении срока культивирования клубни разрезали на две половины, и измеряли размер поражения.

Доверительный интервал рассчитывали по формуле:

$$X \pm t_{05} \cdot S_x,$$

где:  $X$  – выборочное среднее,  $t_{05}$  – коэффициент Стьюдента для уровня значимости 95%,  $S_x$  – относительная ошибка среднего [3].

**Результаты и обсуждение.** Анализ последовательности части гена 16S исследуемого штамма (депонирован в Genbank NCBI под номером PV402396) показал, что он 100% идентичен штаммам *P. chlororaphis* HT66 (KF857481) и YB-10 (MW093066).

Результаты оценки антагонистической активности показали, что изучаемый штамм *P. chlororaphis* подавлял рост всех анализируемых фитопатогенов (таблица, рис. 1). Наибольшая зона ингибирования роста мицелия на 7 сутки совместного культивирования отмечена при срачивании с *R. solani*, *S. sclerotiorum*, *C. cladosporioides*. На 14 сутки культивирования широкая зона осталась у *S. sclerotiorum* и *C. cladosporioides*. Все остальные грибы (за исключением *F. luffae*) не нарастали на бактерию, на 14 сутки роста между бактерией и тестируемыми грибами сохранялась зона отсутствия роста разной ширины. Гриб *F. luffae* оказался наиболее устойчивым к действию изучаемого бактериального штамма; на 7 сутки он начал нарастать на бактерию (рис. 1), на 14 сутки – перерос ее и занял почти всю чашку. Однако следует отметить, что бактерия заметно притормозила радиальный прирост колонии *F. luffae* на начальном этапе роста (5-9 сутки).

Влияние бактерии *P. chlororaphis* на рост фитопатогенных грибов

| Фитопатоген               | Радиус контроль, мм* | Зона отсутствия роста мицелия на 7 сутки, мм | Зона отсутствия роста мицелия на 14 сутки, мм |
|---------------------------|----------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| <i>F. luffae</i>          | 79 ± 0,6**           | 0*                                           | -20***                                        |
| <i>A. protenta</i>        | 62 ± 1,3             | 2 ± 0,9                                      | 1 ± 0,4                                       |
| <i>R. solani</i>          | 79 ± 0,6             | 12 ± 1,6                                     | 3 ± 0,6                                       |
| <i>S. sclerotiorum</i>    | 74 ± 11              | 11 ± 1,5                                     | 10 ± 1,2                                      |
| <i>C. coccodes</i>        | 65 ± 10              | 5 ± 0,8                                      | 3 ± 0,4                                       |
| <i>C. cladosporioides</i> | 37 ± 5,5             | 12 ± 1,2                                     | 5 ± 0,7                                       |
| <i>H. solani</i>          | 35 ± 5,1             | 3 ± 0,8                                      | 1 ± 0,5                                       |
| <i>P. infestans</i>       | 67 ± 2,8             | 3 ± 0,2                                      | 1 ± 0,8                                       |

\* – результаты замеров после 7 суток инкубации; \*\* – доверительный интервал для уровня значимости 95%;

\*\*\* – гриб перешел через бактерию и продолжил рост, расстояние, пройденное после перехода через бактерию – 20 мм.

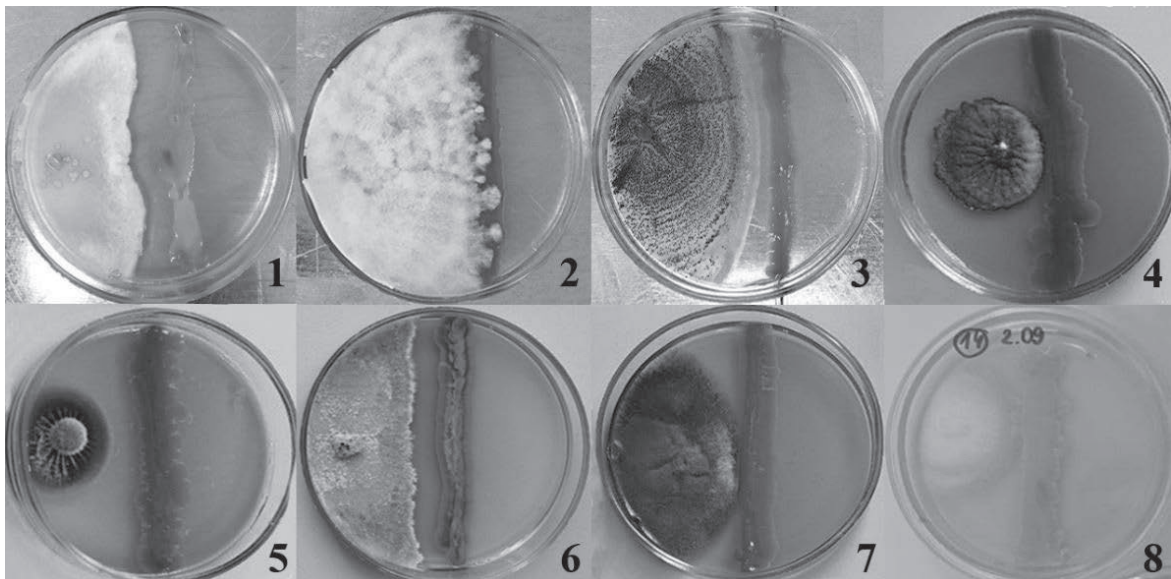


Рис. 1. Влияние *P. chlororaphis* на рост колоний фитопатогенов (7 суток инкубации):

1 – *S. sclerotiorum*, 2 – *F. luffae*, 3 – *C. coccodes*, 4 – *H. solani*, 5 – *C. cladosporioides*, 6 – *R. solani*, 7 – *A. protenta*, 8 – *P. infestans*

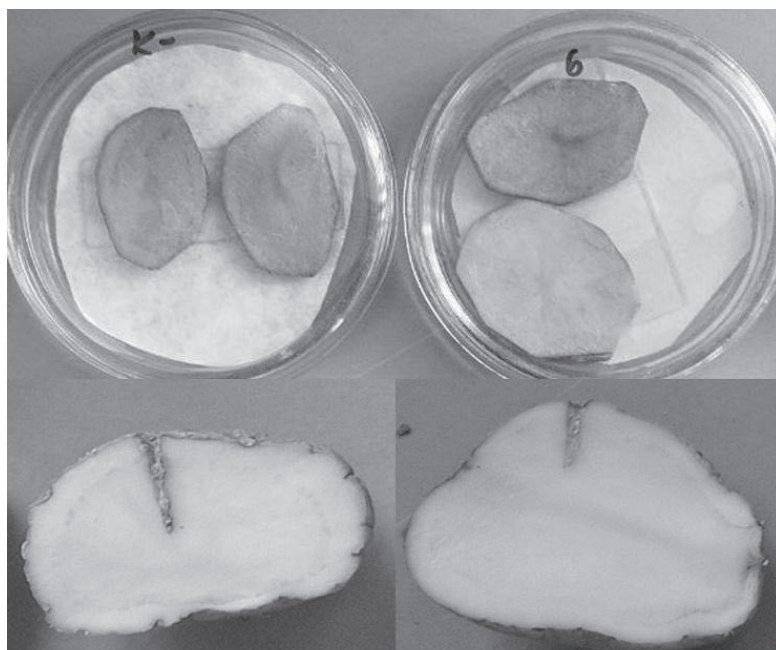


Рис. 2. Оценка патогенности *P. chlororaphis* на клубнях картофеля

Слева контроль (вода), справа опыт (суспензия спор *P. chlororaphis*)



Оценка патогенности к картофелю была проведена на картофеле сорта Жуковский ранний. Оценка на ломтиках клубней, листьях и целых клубнях показала отсутствие на тестируемых органах некрозов или каких-либо изменений относительно контроля (рис. 2). При оценке на целых клубнях наблюдалось только механическое повреждение места укола.

*P. chlororaphis* считается перспективным микроорганизмом для использования в биоконтроле; его изучение активно ведется во всем мире. Отмечено, что подавление фитопатогенов происходит благодаря метаболитам, которые продуцирует бактерия [1]. Анализ литературных данных показал, что *P. chlororaphis* проявляет ингибирующую активность в отношении патогена листьев пшеницы *Fusarium graminearum*, возбудителя плодоножечной гнили арахиса *Sclerotium rolfsii* [4], грибных и бактериальных патогенов риса *Dickeya zeae*, *Pseudomonas fuscovaginae*, *Magnaporthe oryzae* [5], патогена какао *Phytophthora palmivora* [6], патогенов томата и картофеля *Fusarium oxysporum* и *Botrytis cinerea* [7]. Биопрепараты на основе *P. chlororaphis* зарегистрированы в некоторых странах мира. В США два штамма *P. chlororaphis*, TX-1 и 63-28, зарегистрированы в качестве биопестицидов от болезней газонных трав. В Европе зарегистрированы продукты Cedomon, Cerall и Cedress, производимые компанией BioAgriAB, основой которых является живая культура штамма MA342 *P. chlororaphis*. Cedomon предлагается для обработки семян ячменя и овса, Cerall – пшеницы, Cedress – гороха и моркови против различных патогенов [8]. На основе активных метаболитов *P. chlororaphis* Китайской компанией WuhanAgri-Soul Chemical Ltd. разработан препарат «Шэньцинмицин», содержащий феназин-1-карбоновую кислоту и подавляющий рост грибных патогенов растений. Известный фунгицид флудиоксонил включает пирролнитрин, который также является одним из активных метаболитов бактерии *P. chlororaphis*. Компания HyunNong из Южной Кореи на основе штамма Об производит препараты – росторегуляторы и микробиологические удобрения.

**Заключение.** Анализируемый штамм бРОО *P. chlororaphis* в лабораторных условиях показал способность ограничивать рост фитопатогенных грибов и оомицетов. Тест на клубнях картофеля показал отсутствие патогенности штамма. Можно заключить, что штамм бРОО *P. chlororaphis* перспективен для использования в качестве агента биоконтроля фитопатогенных микроорганизмов в биопрепарате для защиты растений.

#### **Заявление о конфликте интересов.**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### **Финансирование.**

Работа частично поддержана Российским научным фондом (грант 23-16-00048).

### **Литература**

1. Bertani I., Zampieri E., Bez C. et al. Isolation and characterization of *Pseudomonas chlororaphis* strain ST9 and its potential as a bioinoculant for agriculture // Plants, 2021, V.10(7). – N. 1466. <https://doi.org/10.3390/plants10071466>
2. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации, 2025 год. – М.: Министерство сельского хозяйства Российской Федерации (Минсельхоз России).
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Альянс, 2011. – 352 с.
4. Motlagh M.R.S., Farokhzad M., Kaviani B. et al. Endophytic fungi as potential biocontrol agents against *Sclerotium rolfsii* Sacc. – The causal agent of peanut white stem rot disease // Cells, 2022, V. 11(17). – N. 2643. <https://doi.org/10.3390/cells11172643>
5. Li J., Hu M., Xue Y. et al. Screening, identification and efficacy evaluation of antagonistic bacteria for biocontrol of soft rot disease caused by *Dickeya* // Microorganisms, 2020, V. 8(5). – N. 697. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8050697>
6. De Vrieze M., Varadarajan A.R., Schneeberger K. et al. Linking comparative genomics of nine potato-associated *Pseudomonas* isolates with their differing biocontrol potential against late blight // Frontiers in microbiology, 2020, V. 11. – N. 857. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.00857>
7. Shi X.Q., Zhu D.-H., Chen J.-L. et al. Growth promotion and biological control of fungal diseases in tomato by a versatile rhizobacterium, *Pseudomonas chlororaphis* subsp. aureofaciens SPS-41 // Physiological and Molecular Plant Pathology, 2024, V. 131. – N 102274. <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2024.102274>
8. Anderson A. J., Kim Y. C. Biopesticides produced by plant-probiotic *Pseudomonas chlororaphis* isolates // Crop Protection, 2018, V. 105. – P. 62-69. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2017.11.009>

## ОЦЕНКА ПРИГОДНОСТИ СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ РАЗЛИЧНОЙ ГРУППЫ СПЕЛОСТИ К ПЕРЕРАБОТКЕ НА ХРУСТЯЩИЙ КАРТОФЕЛЬ

А.С. Батов, Ю.А. Гуреева, К.А. Колошина

Сибирский НИИ растениеводства и селекции – филиал Института цитологии и генетики СО РАН, р.п. Краснообск, Новосибирская область, e-mail: alexandr-batov@mail.ru

**Аннотация.** Представлены результаты лабораторной оценки сортов картофеля из коллекции СибНИИРС различных групп спелости по пригодности к переработке на хрустящий картофель. Оценку цвета обжаренных ломтиков проводили по шкале Hunter Lab. Актуальность исследования обусловлена открытием в 2021 г. завода компании PepsiCo в Новосибирской области, что повысило потребность в сортах, пригодных для промышленной переработки. Выделены сорта, формирующие продукт высокого качества, рекомендованные для использования в чипсовом производстве. Установлено, что сорта более ранних групп спелости чаще демонстрировали высокую технологическую пригодность. Полученные результаты могут быть использованы в практике сортового подбора и в селекционных программах.

**Ключевые слова:** картофель, сорта, переработка, хрустящий картофель, чипсы.

### EVALUATION OF THE SUITABILITY OF POTATO VARIETIES OF DIFFERENT MATURITY GROUPS FOR PROCESSING INTO CRISPY POTATOES

A.S. Batov, Yu.A. Gureeva, K.A. Koloshina

Siberian Research Institute of Plant Growing and Breeding – Branch of the Institute of Cytology and Genetics of Siberian Branch of the RAS, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, Russia, e-mail: alexandr-batov@mail.ru

**Abstract.** The article presents the results of a laboratory evaluation of potato varieties from the SibNIIRS collection of various maturity groups for their suitability for processing into crispy potatoes. The color of fried slices was assessed according to the Hunter Lab scale; uniformity of color and the presence of defects were additionally taken into account. The relevance of the study is due to the opening of a PepsiCo plant in the Novosibirsk Region in 2021, which increased the need for varieties suitable for industrial processing. The varieties that form a high-quality product recommended for use in chip production were identified. It was found that the varieties of earlier maturity groups more often demonstrated high technological suitability. The results obtained can be used in the practice of varietal selection and in breeding programs.

**Keywords:** potatoes, varieties, processing, crispy potatoes, chips.

**Введение.** Переработка картофеля – актуальное направление в Российской Федерации [1]. Себестоимость производства и сохранность готовой продукции при переработке значительно выгоднее по сравнению с возделыванием и экспортом столового картофеля. Таким образом, переработка выступает одним из ключевых факторов развития картофелеводства, способствуя росту его рентабельности и технологической устойчивости [2].

Современные технологии производства хрустящего картофеля, в частности картофельных чипсов, предъявляют высокие требования к качеству сырья – важны показатели содержания сухого вещества, цвет обжаренных ломтиков, равномерность окраски и отсутствие дефектов [3]. В настоящее время ассортимент чипсовых сортов в России остается довольно узким и представлен преимущественно зарубежными образцами, что создает риски для стабильности внутреннего производства и подчеркивает необходимость импортозамещения [4, 5].

**Цель работы** – изучение коллекции сортов картофеля СибНИИРС различных групп спелости и выделение перспективных образцов, пригодных для переработки на хрустящий картофель. Полученные результаты будут использованы в селекционном процессе для создания новых отечественных сортов картофеля, способных заменить импортные аналоги и обеспечить российское производство стабильным качественным сырьем.

**Материалы и методы.** В качестве материала для исследования использован 51 сорт картофеля из коллекции СибНИИРС трех различных групп спелости: ранний, среднеранний и среднеспелый.

Обжарку образцов проводили в аналитической лаборатории СибНИИРС – филиале ИЦиГ СО РАН в феврале 2025 г. без предварительного рекондиционирования клубней.



Оценка пригодности сортов к переработке на хрустящий картофель проведена в соответствии с методическими указаниями ВНИИКС [6]. Качество обжаренных ломтиков определялось визуально по 9-балльной шкале с применением международной цветовой шкалы Hunter Lab. Биохимическая оценка клубневого урожая проведена в осенний период по методике Ермакова А.И. [7].

**Результаты и обсуждение.** Оценка сортов картофеля к переработке на хрустящий картофель позволила выделить образцы с высоким качеством хрустящих ломтиков (табл. 1).

Наивысшую степень пригодности к переработке (8-9 баллов) имели сорта Башкирский, Dorisa, Argo, Bonus, Saxon, Сентябрь, Courage и Хозяюшка. Окраска ломтиков варьировала от бледно-желтой до золотисто-желтой. Края ломтиков были ровными, структура – плотной и однородной. Указанные сорта можно отнести к категории высокопригодных для промышленной переработки на хрустящий картофель. Они обеспечивают стабильное качество продукции и минимальные потери при производстве чипсов.

К категории пригодных (оценка 7 баллов) были отнесены сорта Красноярский ранний, Марет, Maris Piper, Фрителла, Варяг, Herold, Tewadi. Ломтики этих образцов имели желтую интенсивную окраску с единичными вкраплениями. Эти сорта допустимы к использованию в чипсовом производстве, особенно при корректировке технологических параметров обжарки.

Сорта с оценкой от 6 до 1 балла не рекомендуют использовать для жарки, так как при термической обработке они склонны к подгоранию и образованию канцерогенных соединений, в том числе акриламида. Это вещество формируется при высокотемпературной обработке продуктов, содержащих крахмал и сахара, и представляет потенциальную опасность для здоровья человека. Использование таких сортов ухудшает внешний вид и вкусовые качества продукта, а также снижает его пищевую безопасность.

На степень пригодности влияет биохимический состав клубней, особенно такие показатели, как содержание сухого вещества и редуцирующих сахаров. Как видно из данных таблицы 2, большинство высокопригодных сортов содержат более 20% сухого вещества, что способствует образованию хрустящей текстуры при жарке, и при этом они имеют низкое содержание редуцирующих сахаров (ниже 0,5%), что снижает риск потемнения. Особенно выделяются сорта Dorisa, Saxon, Сентябрь и Courage, в которых содержание сахаров составляет всего 0,22%, что делает их оптимальными для производства чипсов.

### 1. Результаты лабораторного тестирования сортов картофеля по пригодности к переработке на хрустящий картофель

| Группа спелости | Сорт                                                                    | Качество хрустящих ломтиков                                                          |      | Степень пригодности к переработке |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------------------------------|
|                 |                                                                         | окраска                                                                              | балл |                                   |
| 03              | Башкирский, Dorisa, Argo, Bonus, Saxon                                  | бледно-желтая до золотисто-желтой, равномерная без пятен и прожилок с ровными краями | 9-8  | высокопригодный                   |
| 04              | Сентябрь, Courage                                                       |                                                                                      |      |                                   |
| 05              | Хозяюшка                                                                |                                                                                      |      |                                   |
| 03              | Красноярский ранний                                                     | желтая интенсивная с единичными коричневыми вкраплениями                             | 7    | пригодный                         |
| 04              | Марет, Maris Piper                                                      |                                                                                      |      |                                   |
| 05              | Фрителла, Варяг, Herold, Tewadi                                         |                                                                                      |      |                                   |
| 03              | Розара, Горянка, Регги, Старт, Тимо Ханккян, Глория, Andra, Maris Anhor | темно-желтая                                                                         | 6    | среднепригодный                   |
| 04              | Браво, Горняк, Самба, Sante, Шах                                        |                                                                                      |      |                                   |
| 05              | Sommergold, Quarta                                                      |                                                                                      |      |                                   |
| 03              | Любава, Матушка, Купец, Калужский, Холмогорский, Colette, Colleen       | светло-коричневая                                                                    | 5    | слабопригодный                    |
| 04              | Гала, Кемеровчанин, Мариинский, Краса Мещеры, Caprice                   |                                                                                      |      |                                   |
| 05              | Ирбитский, Наяда, Baszta, Bekas, Odra                                   |                                                                                      |      |                                   |
| 03              | Ред Скарлетт                                                            | коричневая, темнокоричневая до цвета жженого кофе                                    | 4-1  | непригодный                       |
| 04              | Albatros                                                                |                                                                                      |      |                                   |
| 05              | Тулеевский, Agria                                                       |                                                                                      |      |                                   |

### 2. Результаты биохимической оценки высокопригодных сортов

| Сорт       | Сухое вещество, % | Крахмал, % | Сахара, % |
|------------|-------------------|------------|-----------|
| Argo       | 24,39             | 15,3       | 0,46      |
| Башкирский | 20,94             | 12,75      | 0,30      |
| Bonus      | 23,13             | 16,83      | 0,46      |
| Dorisa     | 25,49             | 15,81      | 0,22      |
| Saxon      | 20,08             | 14,53      | 0,22      |
| Сентябрь   | 29,21             | 17,21      | 0,22      |
| Courage    | 25,98             | 15,30      | 0,22      |
| Хозяюшка   | 29,14             | 20,91      | 0,46      |

По результатам проведенной работы обнаружена закономерность: раннеспелые сорта (03) чаще демонстрировали более высокую степень пригодности к переработке на хрустящий картофель по сравнению с сортами более позднего срока созревания. Это может быть связано с их биохимическим составом, включая содержание редуцирующих сахаров и сухого вещества. Практическое подтверждение данной тенденции наблюдается и в промышленном производстве: в качестве основного сырья для чипсов на заводе PepsiCo в Новосибирской области используют раннеспелый сорт зарубежной селекции Леди Клэр.

**Заключение.** В ходе исследования выделены сорта картофеля, обладающие высокой пригодностью к переработке на хрустящий картофель. К числу высокопригодных (8-9 баллов) отнесены сорта: Башкирский, Dorisa, Арго, Bonus, Saxon, Сентябрь, Courage, Хозяюшка. Эти образцы формировали ломтики с равномерной светлой окраской без дефектов и обеспечивали стабильное качество продукта. Указанные сорта рекомендуются для использования в промышленном производстве чипсов.

Полученные результаты подтверждают перспективность раннеспелых сортов для чипсового направления. Выделенные образцы могут быть использованы в селекционных программах при создании новых отечественных сортов, пригодных для переработки и способных заменить зарубежные аналоги.

#### **Заявление о конфликте интересов.**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### **Финансирование.**

Исследование выполнено при финансовой поддержке РНФ (№ 25-26-20116) и Министерства науки и инновационной политики Новосибирской области (№ 30-2025-000961).

#### **Литература**

1. Анисимов Б.В. Мировое производство картофеля: тенденции рынка, прогнозы и перспективы (аналитический обзор) // Картофель и овощи, 2021, № 10. – С. 3-8. <https://doi.org/10.25630/PAV.2021.45.71.008>
2. Бутков И.С. Рост и перспективы: овощеводство и картофелеводство России в 2023 году // Картофель и овощи, 2023, № 11. – С. 3-6. <https://doi.org/10.25630/PAV.2023.61.50.001>
3. Волков Д.И., Ким И.В., Гусюк А.А., Клыков А.Г. Оценка сортов картофеля на пригодность к переработке на хрустящий картофель и фри в условиях Приморского края // Овощи России, 2022, Т. 5. – С. 35-42. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-5-35-42>
4. Мазур А.М., Таразевич Е.В., Василевская В.В., Петюшев Н.Н. Исследование новых сортов картофеля белорусской селекции для производства хрустящего картофеля // Пищевая промышленность: наука и технологии, 2022, Т. 15(1). – С. 15-20. [https://doi.org/10.47612/2073-4794-2022-15-1\(55\)-15-20](https://doi.org/10.47612/2073-4794-2022-15-1(55)-15-20)
5. Гаспарян И.Н., Петрова М.А., Гаспарян Ш.В. Комплексная оценка новых столовых и пригодных к промышленной переработке сортов картофеля // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета, 2023, № 5(74). – С. 25-36. <https://doi.org/10.24411/2078-1318-2023-5-25-36>
6. «Методические указания по оценке сортов картофеля на пригодность к переработке и хранению». – М.: 2008.
7. Ермаков А.И., Арасимович В.В. и др. Методы биохимического исследования растений. Ленинград: Агропромиздат, Ленинградское отделение, 1987. – 430 с.

УДК 632.38, 57.084.5, 57.087.1

DOI: 10.24412/1029-2551-2025-5-004s

## **БИОМЕТРИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ДАННЫХ ИММУНОФЕРМЕНТНОГО АНАЛИЗА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ДИАГНОСТИКИ У ВИРУСА КАРТОФЕЛЯ**

**С.Г. Вологин**

*Татарский НИИ сельского хозяйства – обособленное структурное подразделение  
ФИЦ «Казанский научный центр РАН», Казань, Россия, e-mail: semen\_vologin@mail.ru*

**Аннотация.** Исследование показало, что результаты иммуноферментного анализа (ИФА) при диагностике Y вируса картофеля (YVK) не подчиняются закону нормального распределения. Вариационный ряд данных ИФА часто характеризуется высоким уровнем асимметрии и эксцесса. Обнаружена зависимость между формой вариационного ряда данных ИФА и процессом распространения YVK в ряду последовательных вегетативных поколений картофеля.

**Ключевые слова:** картофель, вирус, диагностика, иммуноферментный анализ, вегетативное размножение.



BIOMETRIC ANALYSIS OF ENZYME-LINKED IMMUNOSORBENT ASSAY DATA  
FOR POTATO VIRUS Y DETECTION

S.G. Vologin

*Tatar Scientific Research Institute of Agriculture – subdivision Federal Research Center  
«Kazan Scientific Center of Russian Academy of Sciences», Kazan, Russia, e-mail: semen\_vologin@mail.ru*

**Abstract.** *The study showed that enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) results for potato virus Y (PVY) diagnostics do not follow a normal distribution. The ELISA data series is often characterized by high levels of asymmetry and kurtosis. A relationship was found between the shape of the ELISA data series and the spread of PVY through successive potato vegetative generations.*

**Keywords:** *potato, virus, diagnostics, enzyme-linked immunosorbent assay, vegetative propagation.*

**Введение.** Картофель – важнейшая продовольственная культура, которую широко выращивают во многих странах мира. Поддержание стабильного и высокого уровня урожая картофеля остается глобальной проблемой. Одной из причин снижения урожая является накопление фитопатогенов в посадочном материале. Вирусы являются одним из наиболее значимых биотических факторов, влияющих как на снижение продуктивности растений картофеля, так и на ухудшение качества производимых клубней. У вирус картофеля (УВК) является одним из наиболее вредоносных инфекционных агентов, поражающих не только картофель, но и другие пасленовые. УВК обладает сложной популяционной структурой, образуя штаммы с различной видоспецифичностью, уровнем патогенности и морфологическим проявлением [1].

Оценка качества семенного картофеля, наряду с полевой апробацией и клубневым анализом, включает обязательный этап лабораторного контроля скрытой зараженности растений вирусными патогенами. В настоящее время наиболее адаптированным методом проведения массовой лабораторной диагностики является метод иммуноферментного анализа (ИФА). Детекция результатов проводится путем фотометрического измерения окрашенных продуктов ферментативной реакции, количество которых имеет нелинейную зависимость от содержания диагностируемого антигена [2].

**Цель работы** – изучить с помощью биометрического подхода варьирование уровня содержания УВК-антигена в репродукциях семенного картофеля.

**Материалы и методы.** Биометрическому анализу подвергали первичные данные оптической плотности ИФА ( $ОП_{405}$ ), полученные в ходе скрининговой диагностики УВК в различных репродукциях семенного картофеля (2005-2010 гг.). В анализ включали статистические выборки (репродукции семенного картофеля), содержащие в своем составе не менее 20 инфицированных образцов. Определение количества классов вариационного ряда проводили по формуле Стерджеса [3], вычисление основных статистических параметров, а также установление вида распределения изучаемого признака осуществляли с помощью программных пакетов MS Excel 2003 и Statistica 6.0, учитывая рекомендации [3, 4].

Исследуемым материалом для ИФА служили листья, отбираемые в фазе цветения растений картофеля, а также этиолированные ростки клубней, достигшие размера 2-3 см. Разрушение растительного материала для получения растительного сока осуществляли с помощью ручного пресса. ИФА проводили на полистироловых планшетах (Медполимер, Россия) используя наборы для диагностики УВК фирмы Bioreba (Швейцария), согласно инструкции производителя. Детекцию результатов осуществляли на приборе Opsys MR (Dinex Tech., США) при длине волны 405 нм. Для корректного представления экспериментальных данных рассчитывали коэффициент позитивности – отношение величины оптической плотности исследуемого образца ( $ОП_{405}$ ) к значению критического порога (Р), в случае достижения или превышения величины которого принимали решение об инфицировании образца.

Для модельного эксперимента использовали безвирусные растения картофеля сорта Невский, которые росли на торфогрунте в условиях защищенного грунта (марлевый изолятор). Для искусственного заражения проводили регулируемое нарушение механической изоляции на протяжении 14 суток, в течение которых с помощью естественного лета насекомых, происходил перенос УВК с инфицированных растений обсадки на здоровые экспериментальные растения. В дальнейшем механическую изоляцию восстанавливали, а жизнедеятельность насекомых-переносчиков прерывали применением инсектицидного препарата Рогор-С.

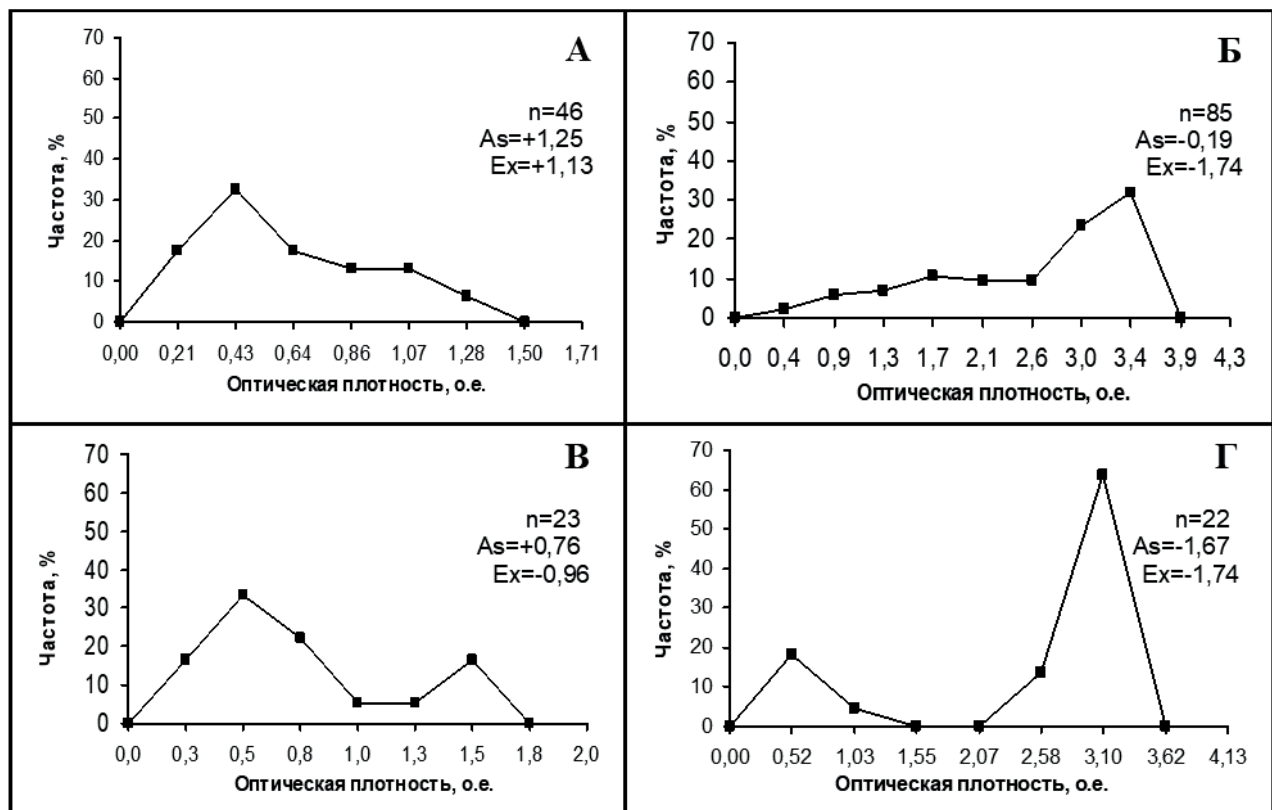
**Результаты и обсуждение.** На протяжении первого вегетационного сезона в условиях открытого грунта инфицирование растений картофеля УВК происходило крайне редко. Выявление вируса обычно начиналось на второй год и возрастало в последующих вегетативных репродукциях. Анализ показал, что статистическое распределение величины  $ОП_{405}$ , не подчиняется закону нормального распределения. Это наблюдение относилось к выборкам, состоящим как из листовых, так и клубневых проб картофеля. В боль-

шинстве выборок отмечалось достоверное проявление асимметрии и эксцесса. Построение вариационных рядов позволило выявить в вирусодержащих выборках существование одно- и двухвершинных форм распределения признака. Было идентифицировано четыре вида вариационных кривых, связанных с комбинированием различных типов асимметрии и эксцесса. Вирусодержащие выборки супер-суперэлитной репродукции наиболее часто характеризовались асимметричным смещением вариационной кривой в левую сторону от центра распределения, а также наличием своеобразного «хвоста» в правой части графика (рис. 1А). Такой вид вариационной кривой является характерным проявлением правосторонней (положительной) асимметрии. Высокое накопление частот в левой части вариационного ряда приводило к появлению островершинности распределения (положительный эксцесс).

В выборках суперэлитной репродукции форма вариационных кривых оказалась более разнообразной. В этом случае, кроме ранее описанного проявления положительной асимметрии, были выявлены как полностью симметричные выборки, так и выборки с правосторонним смещением вариационного ряда (рис. 1Б). Кроме того, проведенные наблюдения показали, что при диагностике суперэлитной репродукции форма вариационной кривой часто имела бимодальную (двухвершинную) структуру (рис. 1В, 1Г). Это свидетельствует о том, что распределение величины ОП<sub>405</sub> характеризуется проявлением ярко-выраженного отрицательного эксцесса.

Мы предположили, что полученные результаты отражают процесс динамики распространения вирусной инфекции в популяции растений картофеля. Для проверки данной гипотезы был поставлен модельный эксперимент. Растения картофеля, относящиеся к категории исходного оздоровленного материала и растущие в условиях защищенного грунта, были подвергнуты заражению УВК с помощью насекомых-переносчиков. В последующие 3 года клубневое потомство этих растений выращивалось в открытом грунте.

В случае первичной инфекции был выявлен одновершинный (уномодальный) тип распределения изучаемого признака (рис. 2А), сопровождавшийся достоверно высоким уровнем положительной асимметрии и положительного эксцесса (табл. 1). Уровень вирусного поражения был невысоким: максимальная выявленная величина оптической плотности лишь в 2,5 раза превышала критическое пороговое значение (Р).



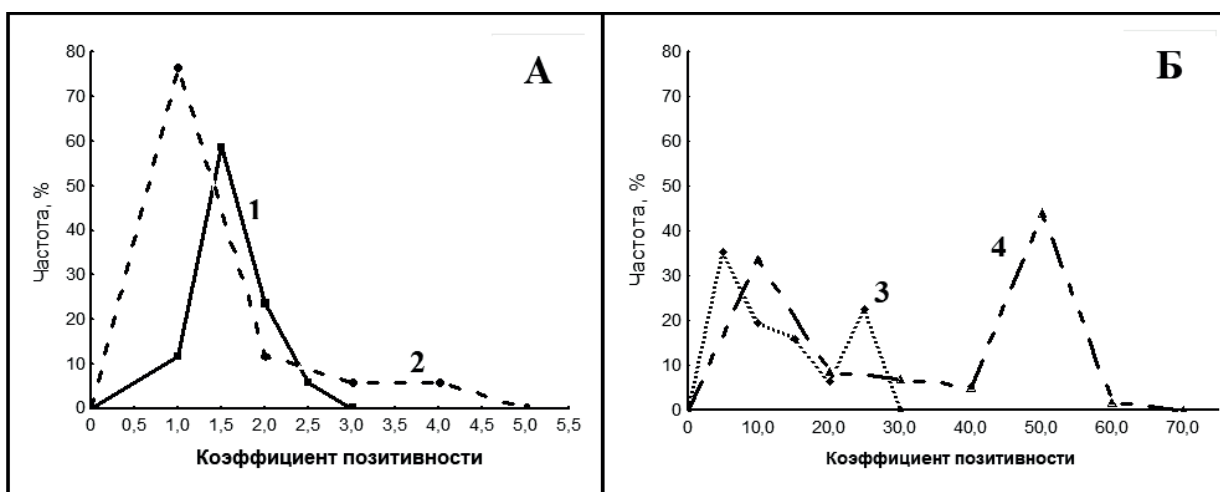
**Рис. 1. Вариационные ряды уровня содержания УВК в листовых пробах картофеля:**

А – сорт Невский, супер-суперэлита (2006 г.); Б – сорт Жуковский, суперэлита (2010 г.);

В – сорт Невский, суперэлита (2008 г.); Г – сорт Луговской, суперэлита (2007 г.);

As и Ex – значения коэффициентов асимметрии и эксцесса

Диагностическое изучение растений, выращенных из первично-инфицированного клубневого потомства в условиях открытого грунта, показало, что распределение изучаемого признака также оказалось уномодальным, имеющим хорошо выраженный «шлейф» в правой части графика. В процессе возделывания экспериментальных растений на протяжении двух последующих вегетационных сезонов был обнаружен переход от уномодальной к бимодальной форме распределения признака (рис. 2Б) сопровождавшийся статистически значимой величиной отрицательного эксцесса. При этом наблюдался постепенный переход вирусосодержащих частот в правую часть вариационного ряда.



**Рис. 2. Вариационный ряд содержания УБК в листовых пробах картофеля сорта Невский:**  
цифра 1 – первично-инфицированные растения, выращенные в защищенном грунте;  
цифры 2, 3, 4 – инфицированные растения, выращенные в открытом грунте  
на 2, 3 и 4 год после заражения

### 1. Показатели статистического варьирования результатов ИФА в модельном эксперименте, коэффициент позитивности, отн. ед.

| Показатель        | Защищенный грунт | Открытый грунт  |                  |                  |  |
|-------------------|------------------|-----------------|------------------|------------------|--|
|                   | 1 год            | 2 год           | 3 год            | 4 год            |  |
| Выборка, шт.      | 17               | 26              | 31               | 59               |  |
| min – max         | 1,00 – 2,47      | 1,01 – 5,75     | 1,00 – 24,54     | 1,05 – 51,02     |  |
| $P_{25} - P_{75}$ | 1,12 – 1,56      | 1,18 – 1,96     | 2,32 – 19,02     | 2,57 – 46,43     |  |
| $\bar{X} \pm m$   | $1,33 \pm 0,09$  | $1,92 \pm 0,33$ | $10,15 \pm 1,45$ | $26,91 \pm 2,60$ |  |
| Me                | 1,18             | 1,22            | 7,38             | 32,02            |  |
| $\sigma$          | 0,39             | 1,37            | 8,05             | 19,97            |  |
| Cv, %             | 29,32            | 71,35           | 79,31            | 74,21            |  |
| As                | +1,94**          | +2,10**         | +0,58            | -0,21            |  |
| Ex                | +3,92***         | +3,70***        | -1,18***         | -1,78***         |  |
| W- критерий       | 0,75***          | 0,67***         | 0,87***          | 0,81***          |  |

Примечание: min-max – размах вариации,  $P_{25}-P_{75}$  – межквартильный интервал,  $\bar{X} \pm m$  – среднее арифметическое со стандартной ошибкой, Me – медиана,  $\sigma$  – стандартное отклонение, Cv – коэффициент вариации, As – коэффициент вариации, Ex – коэффициент эксцесса, W – критерий Шапиро-Уилка. Достоверное отклонение показателей варьирования от нормального распределения: \*\* –  $p < 0,01$ ; \*\*\* –  $p < 0,001$ .

В ходе эксперимента отмечено последовательное повышение уровня содержания УБК в ряду в ряду вегетативных поколений картофеля, о чем свидетельствовало увеличение среднего значения, медианы, вариационного размаха и межквартильного интервала. Наименьший уровень варьирования был обнаружен у первично-инфицированных растений картофеля, растущих в условиях защищенного грунта. При возделывании растений в открытом грунте коэффициент вариации возрастал более чем в 2 раза, и в дальнейших поколениях оставался относительно стабильным. Выявленные показатели свидетельствуют о высоком уровне варьирования изучаемого признака, поскольку известно, что большие значения коэффициента вариации часто бывают тесно связаны с проявлениями асимметрии распределения [3]. Исходя из результатов эксперимента сделан вывод о том, что при первичном заражении концентрация УБК в рас-



тительных тканях оказывается очень низкой, что приводит к высокому накоплению частот в левой части вариационного ряда и наблюдаемое распределение характеризуется положительной асимметрией и положительным эксцессом. Дальнейшее размножение инфицированной популяции приводит к возрастанию концентрации вирусных частиц в тканях, что сопровождается сдвигом вариационной кривой в область симметричного распределения признака. В случае достижения крайне высокого уровня вирусного поражения, не выявленного в модельном эксперименте, но обнаруженного при проведении статистического анализа результатов скрининговых ИФА-исследований, вариационный ряд смещается в область отрицательной асимметрии. Одновременно с проявлением вторичной инфекции, популяция растений картофеля подвергается новому циклу вирусного заражения. По нашему предположению, разница в концентрации вирусных частиц создающаяся при первичной и вторичной инфекции у различных растений популяции, приводит к появлению двухвершинного вариационного ряда, а статистическое распределение приобретает признаки отрицательного эксцесса.

Анализ литературы позволил обнаружить фактические данные, подтверждающие объективность существования выявленных закономерностей. Высокий уровень накопления частот в левой части вариационного ряда при первичном YBK-инфицировании трансгенных растений картофеля представлен в работе [5]. Хорошо выраженная бимодальная форма вариационной кривой, отражена в статье, содержащей фактические данные ИФА-диагностики вируса некротической кольцевой пятнистости косточковых культур (PNRSV) в растениях вишни [6]. Таким образом, можно предположить, что выявленные статистические закономерности могут проявляться при обнаружении широкого круга вирусных патогенов в других видах растений, обладающих вегетативным способом размножения.

**Заключение.** Первичные данные оптической плотности ИФА, отражающие уровень содержания YBK в биоматериале, часто характеризуются выраженными проявлениями асимметрии и эксцесса. Выявлен переход от одновершинной к двухвершинной форме вариационного ряда данных, связанный с последовательным распространением YBK в вегетативных репродукциях картофеля.

**Финансирование.** Работа выполнена за счет гранта Академии наук Республики Татарстан, предоставленного молодым кандидатам наук (постдокторантам) с целью защиты докторской диссертации, выполнения научно-исследовательских работ, а также выполнения трудовых функций в научных и образовательных организациях Республики Татарстан в рамках Государственной программы Республики Татарстан «Научно-технологическое развитие Республики Татарстан» (Соглашение № 59/2024-ПД от 16.12.2024).

#### Литература

1. Вологин С.Г., Хасанов В.Т., Сташевски З. и др. Y-вирус картофеля: характеристика, диагностика, идентификация. – Казань: Центр инновационных технологий, 2017. – 56 с.
2. Свежова Н.В., Шаркова В.Е., Громов Д.В. и др. Методы математической обработки данных в иммуноферментном анализе // Клиническая лабораторная диагностика, 2008, № 1. – С. 3-9.
3. Лакин Г.Ф. Биометрия. – М.: Высшая школа, 1990. – 350 с.
4. Реброва О.Ю. Статистический анализ медицинских данных. Применение прикладных программ STATISTICA. – М.: МедиаСфера, 2002. – 312 с.
5. Родькина И.А., Яковлева Г.А. Изучение устойчивости у трансгенных растений картофеля с геном белка оболочки YBK при первичном и вторичном инфицировании // Картофелеводство, 2000, Т. 10. – С. 147-154.
6. Sutula C.L., Gillett J.M., Morrissey S.M. et al. Interpreting ELISA data and establishing the positive-negative threshold // Plant Disease, 1986, Vol. 70(8). – P. 722-726.

## ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЛЕКСА МИКРОМИЦЕТОВ РОДА *FUSARIUM*, ПОРАЖАЮЩЕГО КАРТОФЕЛЬ НА СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВАХ В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН

С.Г. Вологин<sup>1</sup>, М.Т. Лутфуллин<sup>2</sup>, Г.Ф. Лутфуллина<sup>2</sup>, А.А. Николаева<sup>2</sup>, А.М. Марданова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Татарский НИИ сельского хозяйства – обособленное структурное подразделение  
ФИЦ «Казанский научный центр РАН», Казань, Россия, e-mail: semen\_vologin@mail.ru

<sup>2</sup>Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

**Аннотация.** Охарактеризован фитопатогенный комплекс микромицетов рода *Fusarium*, который инфицировал картофель на серых лесных почвах Республики Татарстан. Основными патогенами сухой клубневой гнили, латентно-инфицированных клубней, а также растений пораженных фузариозным увяданием, являлись представители групп видов *F. oxysporum* и *F. solani*. Большинство изолятов *Fusarium* sp. обладали способностью индуцировать развитие сухой гнили клубней.

**Ключевые слова:** картофель, *Fusarium*, сухая гниль, латентная инфекция, фузариозное увядание, серая лесная почва.

## CHARACTERISTICS OF *FUSARIUM* GENUS MICROMYCETES COMPLEX INFECTING POTATOES ON ALFISOILS IN REPUBLIC OF TATARSTAN

S.G. Vologin<sup>1</sup>, M.T. Lutfullin<sup>2</sup>, G.F. Lutfullina<sup>2</sup>, A.A. Nikolaeva<sup>2</sup>, A.M. Mardanova<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Tatar Scientific Research Institute of Agriculture - subdivision Federal Research Center  
«Kazan Scientific Center of Russian Academy of Sciences», Kazan, Russia, e-mail: semen\_vologin@mail.ru

<sup>2</sup>Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia

**Abstract.** A phytopathogenic complex of micromycetes of the genus *Fusarium* that infected potatoes in Alfisoils of the Republic of Tatarstan was characterized. The main pathogens of tuber dry rot, latently infected tubers, and plants affected by *Fusarium* wilt were members of the *F. oxysporum* and *F. solani* species groups. Most *Fusarium* sp. isolates were capable of inducing tuber dry rot.

**Keywords:** potato, *Fusarium*, dry rot, latent infection, *Fusarium* wilt, Alfisoils.

**Введение.** Инфицирование картофеля микромицетами *Fusarium* sp. является серьезной общемировой проблемой. За последние несколько десятилетий фузариоз стал одним из самых вредоносных микозов растений, что может быть связано с процессами глобального изменения климата, а также с внедрением современных высокомеханизированных методов ведения сельского хозяйства [1]. Зафиксированы случаи фузариозного увядания картофеля в различных регионах Российской Федерации [2-5], описаны вредоносные последствия латентной инфекции клубней [6], показано широкое распространение *Fusarium* sp. в листостебельном биоматериале и их вредоносность в комплексе с *Alternaria* sp. [7] и *Phytophthora infestans* [8].

В Республике Татарстан в последние два десятилетия регулярно отмечались эпифитотии фузариозного увядания картофеля [9]. Фузариозное повреждение оказывалось вредоносным для нескольких последующих поколений картофеля, выросших из латентно-инфицированного семенного материала [10]. Продолжительные периоды засухи часто вызывали пересушивание почвы в предуборочный период, что приводило к массовому травмированию клубней в ходе комбайновой уборки и как следствие к большим потерям от сухой гнили в период хранения [10].

Для разработки эффективной стратегии защиты картофеля от фузариоза необходимо обладать информацией о видовом составе инфекционных агентов и об их патогенных характеристиках [11].

**Цель работы** – охарактеризовать фитопатогенный комплекс микромицетов рода *Fusarium*, поражающий картофель на серых лесных почвах Республики Татарстан.

**Материалы и методы.** Объектом исследования служил биоматериал (табл. 1), инфицированный *Fusarium* sp. в условиях естественного выращивания, полученный от растений картофеля, посаженных в рамках работы Центра коллективного пользования «Биоресурсная коллекция картофеля» (ФИЦ КазНЦ РАН, www.scr-rf.ru, рег. № 471948).

Картофель выращивали на полях экспериментальной базы ТатНИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН (с. Большие Кабаны, Лаишевский район Республики Татарстан). Почва серая лесная, суглинистая, pH 5,9. Погодные

## 1. Исследованный растительный материал

| № п/п | Сорт             | Биоматериал | Вид инфекции            | Количество исследованных образцов, шт. |
|-------|------------------|-------------|-------------------------|----------------------------------------|
| 1     | Вега             | стебель     | Трахеомикозная инфекция | 3                                      |
| 2     | Венди            | стебель     | Трахеомикозная инфекция | 1                                      |
| 3     | Гала             | стебель     | Трахеомикозная инфекция | 1                                      |
| 4     | Жуковский ранний | клубень     | Сухая гниль             | 62                                     |
| 5     | Жуковский ранний | клубень     | Латентная инфекция      | 80                                     |
| 6     | Жуковский ранний | стебель     | Трахеомикозная инфекция | 3                                      |
| 7     | Зекура           | стебель     | Трахеомикозная инфекция | 5                                      |
| 8     | Ред Скарлетт     | стебель     | Трахеомикозная инфекция | 3                                      |

условия 2021 г. характеризовались продолжительной засухой и высокой температурой окружающей среды на протяжении всей вегетации, что оказалось благоприятным для инфицирования картофеля микромицетами *Fusarium* sp.

Изоляцию чистых культур микромицетов из инфицированных и из условно-здоровых клубней проводили по методике [12], из стеблей растений с фузариозным увяданием по методике [5]. Идентификацию видового состава *Fusarium* sp. проводили на основании макро- и микроскопической морфологии изолятов [13]. Анализ вирулентности изолятов *Fusarium* sp. и уровня их агрессивности выполнен на клубнях сорта Жуковский ранний по методике [5]. Оценку результатов проводили через 21 сутки после инфицирования. Анализ уровня агрессивности проводили по модифицированной шкале [14]: отсутствие агрессивности (и вирулентности) соответствовало 0-2% площади инфекционного поражения, низкий уровень агрессивности 3-10%, средний уровень – 11-25%, высокий уровень – 26% и более.

Выделение ДНК и ПЦР локуса ITS1-5.8S-ITS2 проводили по методике [15]. Фрагменты ДНК секвенировали на приборе «Нанофор 05» в лаборатории НПФ «Синтол» (Россия). Чтение и редактирование нуклеотидных последовательностей осуществляли с помощью программы BioEdit 7.3. Анализ проводили с помощью программы BLAST (<https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/>) с использованием базы данных GenBank (NCBI, США).

**Результаты.** Из клубней, пораженных сухой гнилью (62 шт.) выделено 35 изолятов *Fusarium* sp. В ходе идентификации, проведенной методами микроскопического наблюдения и световой микроскопии выявлено, что фитопатогенный комплекс представлен 7 группами видов: *F. cf. oxysporum* (63%), *F. cf. solani* (22%), *F. cf. avenaceum* (3%), *F. cf. sambucinum* (3%), *F. cf. sporotrichioides* (3%), *F. cf. trincinctum* (3%) и *F. cf. redolens* (3%) (таблица 2). Изучение локуса ITS1-5.8S-ITS2 и поиск ближайших гомологов в базе GenBank подтвердили правильность проведенной идентификации.

При исследовании 80 условно-здоровых клубней рост *Fusarium* sp. был зафиксирован у 8 образцов (10% от числа обследованных). После идентификации микромицеты были отнесены к *F. cf. oxysporum* (63%) и *F. cf. solani* (37%).

В ходе маршрутного обследования посадок картофеля были выявлены растения с симптомами фузариозного увядания. Микробиологическое исследование внутренних тканей стеблей выявило их инфицирование *Fusarium* sp. В виде чистых культур получено 16 изолятов. При трахеомикозной инфекции видовой состав оказался очень мономорфным: 15 изолятов отнесены к *F. cf. oxysporum* (94%) и 1 изолят к *F. cf. solani* (6%).

Был проведен анализ патогенных характеристик изолятов *Fusarium* sp. (табл. 3). Из 27 образцов *F. cf. oxysporum*, изолированных из сухой гнили, вирулентным оказался 21 изолят (95%). Вирулентными оказались

2. Видовой состав микромицетов рода *Fusarium*

| Вид биоматериала (форма инфекции)                                           | Вид микромицета                | Количество изолятов, шт. | Показатель идентичности, % |
|-----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------|----------------------------|
| Инфицированные клубни (сухая фузариозная гниль)                             | <i>F. cf. oxysporum</i>        | 22                       | 98,6-99,8                  |
|                                                                             | <i>F. cf. solani</i>           | 8                        | 97,5-99,6                  |
|                                                                             | <i>F. cf. avenaceum</i>        | 1                        | 99,5                       |
|                                                                             | <i>F. cf. sambucinum</i>       | 1                        | 99,7                       |
|                                                                             | <i>F. cf. sporotrichioides</i> | 1                        | 98,4                       |
|                                                                             | <i>F. cf. trincinctum</i>      | 1                        | 99,8                       |
|                                                                             | <i>F. cf. redolens</i>         | 1                        | 98,7                       |
| Условно-здоровые клубни (латентная инфекция)                                | <i>F. cf. oxysporum</i>        | 5                        | 98,8-99,9                  |
|                                                                             | <i>F. cf. solani</i>           | 3                        | 97,6-99,9                  |
| Стебли растений, пораженных фузариозным увяданием (трахеомикозная инфекция) | <i>F. cf. oxysporum</i>        | 15                       | 97,1-99,8                  |
|                                                                             | <i>F. cf. solani</i>           | 1                        | 98,3                       |



3. Фитопатогенные свойства изолятов *Fusarium* sp.

| Вид биоматериала<br>(форма инфекции)                                                     | Вид микромицета                | Количество<br>изолятов, шт. | Уровень агрессивности    |        |         |         |
|------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|--------------------------|--------|---------|---------|
|                                                                                          |                                |                             | отсутствие               | низкий | средний | высокий |
|                                                                                          |                                |                             | количество изолятов, шт. |        |         |         |
| Инфицированные клубни<br>(сухая фузариозная<br>гниль)                                    | <i>F. cf. oxysporum</i>        | 22                          | 1                        | 2      | 7       | 12      |
|                                                                                          | <i>F. cf. solani</i>           | 8                           | 1                        | 2      | 3       | 2       |
|                                                                                          | <i>F. cf. avenaceum</i>        | 1                           | 0                        | 0      | 0       | 1       |
|                                                                                          | <i>F. cf. sambucinum</i>       | 1                           | 0                        | 0      | 0       | 1       |
|                                                                                          | <i>F. cf. sporotrichioides</i> | 1                           | 0                        | 0      | 0       | 1       |
|                                                                                          | <i>F. cf. trincinctum</i>      | 1                           | 1                        | 0      | 0       | 0       |
|                                                                                          | <i>F. cf. redolens</i>         | 1                           | 0                        | 1      | 0       | 0       |
| Условно-здоровые клубни<br>(латентная инфекция)                                          | <i>F. cf. oxysporum</i>        | 5                           | 0                        | 0      | 1       | 4       |
|                                                                                          | <i>F. cf. solani</i>           | 3                           | 0                        | 1      | 2       | 0       |
| Стебли растений, пора-<br>женные фузариозным<br>увяданием (трахеомикоз-<br>ная инфекция) | <i>F. cf. oxysporum</i>        | 15                          | 5                        | 2      | 6       | 2       |
|                                                                                          | <i>F. cf. solani</i>           | 1                           | 0                        | 0      | 1       | 0       |

5 изолятов *F. cf. oxysporum* (100%) из тканей условно-здоровых клубней. В тоже время лишь 67% изолятов *F. cf. oxysporum*, выделенных из трахеомикозных стеблей, оказались вирулентными. Анализ свойств *F. cf. solani* выявил, что вирулентностью обладали 92% изолятов. Вирулентными оказались изоляты *F. cf. avenaceum*, *F. cf. sambucinum*, *F. cf. sporotrichioides* и *F. cf. redolens*, обнаруженные в сухой гнили клубней. Изолят идентифицированный как *F. cf. trincinctum* оказался не вирулентным.

Анализ патогенных свойств у вирулентных образцов *Fusarium* sp. показал, что большинство выявленных изолятов, независимо от формы исследуемой инфекции, обладали средним и высоким уровнем агрессивности в отношении развития сухой гнили клубней. Суммарно 89% вирулентных изолятов *F. cf. oxysporum* и 73% вирулентных изолятов *F. cf. solani* обладали высоким и средним уровнем агрессивности. Высокой агрессивностью характеризовались *F. cf. avenaceum*, *F. cf. sambucinum* и *F. cf. sporotrichioides*. Изолят *F. cf. redolens* обладал низким уровнем агрессивности.

**Обсуждение результатов.** Видовой состав формирующихся фитопатогенных комплексов в значительной степени зависит от агроклиматических условий выращивания растений картофеля. В Республике Беларусь основными патогенами сухой гнили клубней служат виды *F. oxysporum* и *F. sambucinum* [16]. В трех контрастных по агроклиматическим условиям регионах Республики Казахстан в сухой гнили преобладал *F. sporotrichioides* [17]. Масштабное исследование, проведенное недавно в России, продемонстрировало инфицирование клубней картофеля семью комплексами видов [18]. В Приволжском Федеральном округе основным патогеном являлся *F. redolens* (до 33%). В нашем исследовании в сухой гнили были идентифицированы представители семи групп видов рода *Fusarium*, пять из которых оказались общими указанными в [18]. Основным видовым компонентом фитопатогенного комплекса оказался *F. cf. oxysporum*, значимую часть видового комплекса составил *F. cf. solani*. Интересно, что большая часть микромицетов, находившаяся в клубнях в эндифитном состоянии, обладала способностью развивать сухую гниль клубней.

Фузариозное увядание растений представляет собой серьезную проблему в картофелеводстве, поскольку приводит к значительным экономическим потерям. В Республики Беларусь в растениях с фузариозным увяданием было идентифицировано 3 вида: *F. sulphureum*, *F. culmorum* var. *culmorum* и *F. solani* var. *solani* [16]. При ранней попытке идентификации вида, вызвавшего эпифитотию фузариозного увядания картофеля в Татарстане, в стеблях растений был детектирован *F. cf. avenaceum* [2]. В текущем исследовании фузариозная инфекция растений, выросших на серой лесной почве в Республике Татарстан, в основном была обусловлена *F. cf. oxysporum*. Результаты нашего исследования, выявившего виды *F. cf. oxysporum* и *F. cf. solani* в широком кругу инфицированных биоматериалов, соответствуют результатам работы [19] в которой установлено, что именно для видов *F. oxysporum* и *F. solani* характерна способность одновременно колонизировать ткани клубней, корней и стеблей растений картофеля.

**Заключение.** Установлено, что основными патогенами сухой клубневой гнили, латентно-инфицированных клубней, а также растений картофеля пораженных фузариозным увяданием, являлись представители групп видов *F. oxysporum* и *F. solani*. Большинство изолятов *Fusarium* sp. обладали способностью индуцировать развитие сухой гнили клубней.

**Финансирование.** Работа выполнена за счет гранта Академии наук Республики Татарстан, предоставленного молодым кандидатам наук (постдокторантам) с целью защиты докторской диссертации, выполнения научно-исследовательских работ, а также выполнения трудовых функций в научных и образова-

тельных организациях Республики Татарстан в рамках Государственной программы Республики Татарстан «Научно-технологическое развитие Республики Татарстан» (Соглашение № 59/2024-ПД от 16.12.2024).

### Литература

1. Okungbowa F.I., Shittu H.O. *Fusarium* wilts: an overview // Environmental Research Journal, 2012, V. 6(2). – P. 83-102.
2. Замалиева Ф.Ф., Зайцева Т.В., Рыжих Л.Ю. и др. Фузариозное увядание картофеля и рекомендации по защите // Защита картофеля, 2015, № 2. – С. 3-9.
3. Приходько Е.С., Смирнов А.Н. Вредоносность патокомплекса *Fusarium – Alternaria* в посадках картофеля // Картофель и овощи, 2019, № 7. – С. 27-28.
4. Мушинский А.А., Аминова Е.В., Саудабаева А.Ж. Толерантность сортов картофеля к *Streptomyces scabies* и *Fusarium oxysporum* в орошаемых условиях Оренбургской области // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии, 2019, № 4. – С. 8-12.
5. Akosah Y.A., Vologin S.G., Lutfullin M.T. et al. *Fusarium oxysporum* strains from wilting potato plants: Potential causal agents of dry rot disease in potato tubers // Res. on Crops, 2021, V. 22 (Spl. Issue). – P. 49-53.
6. Смирнов А.Н., Приходько Е.С., Смирнова О.Г. Проявление, возможные причины и экологические следствия вспышки фузариоза клубней картофеля после двух месяцев хранения // Успехи медицинской микологии, 2019, Т. 20. – С. 586-593.
7. Приходько Е.С., Смирнов А.Н. Вредоносность патокомплекса *Fusarium – Alternaria* в посадках картофеля // Картофель и овощи, 2019, № 7. – С. 27-28.
8. Приходько Е.С., Хохлов В.П., Бирик Т.С. и др. Влияние метеоусловий на развитие патокомплекса *Alternaria – Fusarium* и урожайность в посадках картофеля // Достижения науки и техники АПК, 2019, Т. 33(1). – С. 14-22. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10104.
9. Тучков И.В., Чудосветова Д.Ю., Тараканов Р.И., Смирнов А.Н. Развитие фузариоза по фитофторозу в клубнях картофеля // Картофель и овощи, 2023, №7. – С. 32-36.
10. Замалиева Ф.Ф. Защита картофеля в Татарстане // Защита и карантин растений, 2013, № 6. – С. 43-45.
11. Cray J.A., Connor M.C., Stevenson A. et al. Biocontrol agents promote growth of potato pathogens, depending on environmental conditions // Microb. Biotechnol., 2016, V. 9. – P. 330-354.
12. Хадиева Г.Ф., Лутфуллин М.Т., Акосах Й.А. и др. Анализ микромицетов рода *Fusarium*, изолированных из инфицированных клубней картофеля, выращенных в Республике Татарстан // Достижения науки и техники АПК, 2018, Т. 32(3) – С. 34-39. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10307.
13. Ильяшенко Д.А., Иванюк В.Г., Калач В.И. и др. Методические указания по оценке картофеля на устойчивость к клубневым гнилям. Самохваловичи, РУП «Научно производственный центр по картофелеводству и плодоовощеводству», 2010. – 52 с.
14. Botok S. The resistance of potato varieties to dry *Fusarium* rot in vitro // Quaran. Plant. Protec., 2019, № 11-12. – P. 25-28.
15. Liu D., Coloe S., Baird R. et al. Rapid Mini-Preparation of Fungal DNA for PCR // J. Clin. Microbiol., 2000, V. 38. – P. 471.
16. Михаленя О.Н., Ильяшенко Д.А., Бусько И.И. Грибы рода *Fusarium*, паразитирующие на картофеле в условиях Беларуси // Картофелеводство, 2013, Т. 21(1). – С. 261-281.
17. Муранец А.П., Жаныбекова Ж.Т., Есимсеитова А.К. и др. Изучение микромицетов, выделенных из клубней картофеля, пораженных сухой гнилью в Казахстане // Вестник науки Казахского агротехнического исследовательского университета имени С. Сейфуллина: междисциплинарный, 2025, № 3(127). – С. 138-153.
18. Гагкаева Т.Ю., Орина А.С., Гаврилова О.П. и др. Распространение фузариозной сухой гнили клубней картофеля в Российской Федерации // Аграрная наука Евро-Северо-Востока, 2025, Т. 26(1). – С. 98-106. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2025.26.1.98-106>
19. Mamaghani N., Masiello M., Somma S. et al. Endophytic *Alternaria* and *Fusarium* species associated to potato plants (*Solanum tuberosum* L.) in Iran and their capability to produce regulated and emerging mycotoxins // Heliyon, 2024, V. 10(5). – № e26385.

## ОЦЕНКА СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ ПО УСТОЙЧИВОСТИ К РАЗВИТИЮ БОЛЕЗНЕЙ НА РАСТЕНИЯХ И КЛУБНЯХ

С.Г. Вологин, А.Т. Гизатуллина, Е.А. Гимаева, З. Стасевски, Э.И. Закиева, Ф.Р. Амерханова  
Татарский НИИ сельского хозяйства – обособленное структурное подразделение  
ФИЦ «Казанский научный центр РАН», Казань, e-mail: gizatyllina.a@mail.ru

**Аннотация.** Дана оценка 13 сортов картофеля, созданных в ТатНИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН, по устойчивости к развитию болезней на растениях и клубнях. Комплексная устойчивость к инфицированию наиболее распространенными в Средневолжском регионе фитопатогенами (факторам биотического стресса) выявлена у сортов картофеля Танго, Блоссом, Догода, Регги и Кортни.

**Ключевые слова:** картофель, болезни картофеля, альтернариоз, фузариозное увядание, сухая фузариозная гниль, парша обыкновенная, вирусные болезни.

### EVALUATION OF POTATO VARIETIES RESISTANCE TO DISEASE DEVELOPMENT ON PLANTS AND TUBERS

S.G. Vologin, A.T. Gizatullina, E.A. Gimaeva, Z. Stasevski, E.I. Zakieva, F.R. Amerkhanova  
Tatar Scientific Research Institute of Agriculture – subdivision Federal Research Center  
«Kazan Scientific Center of Russian Academy of Sciences», Kazan, e-mail: gizatyllina.a@mail.ru

**Abstract.** An assessment of 13 potato varieties bred at the Tatar Research Institute of Agriculture of the Kazan Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences was given for their resistance to plants and tubers diseases. Complex resistance to infection by the most common phytopathogens (biotic stress factors) in the Middle Volga region was revealed in the potato varieties Tango, Blossom, Dogoda, Reggie and Courtney.

**Keywords:** potato, potato diseases, early blight, fusarium wilt, fusarium dry rot, common scab, viral diseases.

**Введение.** Картофель (*Solanum tuberosum* L.) – одна из важнейших продовольственных культур, которую выращивают в более чем в ста странах мира. Среднее Поволжье относится к числу регионов России, относительно благоприятных по природно-климатическим условиям для возделывания картофеля [1]. Однако в регионе присутствует ряд абиотических и биотических факторов, которые препятствуют получению высоких и стабильных урожаев этой сельскохозяйственной культуры. Реализацию биологического потенциала сортов картофеля в данном регионе часто лимитируют такие абиотические факторы, как относительно короткий период вегетации, весенне-летняя и реже осенняя засухи, высокая температура воздуха во время вегетации, ливневый характер осадков, переувлажнение почвы, резкое понижение температуры в период уборки [2]. Вследствие неблагоприятных условий внешней среды в Среднем Поволжье на клубнях картофеля часто отмечается обдирание кожуры, израстание и вторичный рост, формируются ростовые трещины, а также различные механические повреждения. Кроме того, погодные условия служат определяющим фактором развития инфекционных болезней картофеля, являющихся факторами биотического стресса. В данном регионе растения и клубни картофеля наиболее часто повреждаются вирусными (Y-, M-, S-вирусы картофеля и другие) и грибными болезнями (фузариозное увядание, сухая фузариозная гниль клубней, парша обыкновенная, альтернариоз листьев и другие) [3, 4].

Сорта с высоким потенциалом продуктивности и технологическими свойствами, устойчивые к действию абиотических и биотических стрессоров, способны обеспечить эффективное использование природных и техногенных ресурсов, экологическую безопасность, энергосбережение и рентабельность отечественного агропромышленного производства [5]. Устойчивость растений к возбудителям болезней обусловлена комплексным действием различных факторов, в том числе неблагоприятных факторов окружающей среды. Выявление генотипов картофеля, устойчивых к действию неблагоприятных факторов биотического и абиотического стресса, является актуальным аспектом научных исследований.

**Цель работы** – оценка сортов картофеля по устойчивости к развитию болезней на растениях и клубнях.

**Материалы и методы.** В работе использовали 13 сортов картофеля, созданных в ТатНИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН. Для закладки опыта использовали клубни, выращенные в ТатНИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН для ЦКП «Биоресурсная коллекция картофеля» (www.ckp-rf.ru Рег. № 471948).



Полевые экспериментальные питомники были заложены на трех участках. На территории экспериментальной базы ТатНИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН (Лаишевский р-н, Республика Татарстан) были расположены две точки учета: д. Дубровка (55.616073, 49.339436, на богаре), село Большие Кабаны (55.643203, 49.310780, капельное орошение). Третий питомник был заложен на орошаемых (дождевание) производственных полях ООО «Агрофирма «Слава картофелю-Яльчики» (Республика Чувашия, Комсомольский р-н, д. Полевой Сундырь, 55.193519, 47.678120).

Почва опытного участка д. Дубровка серая лесная, суглинистая, содержание гумуса (по Тюрину) 2,0%, pH 4,3, азот щелочногидролизующий 104 мг/кг, калий (по Кирсанову) 145 мг/кг, фосфор (по Чирикову) 275 мг/кг. Предшественник – черный пар. Орошение не применяли. Фон удобрений  $N_{94}P_{60}K_{60}$ .

Почва опытного участка с. Большие Кабаны серая лесная, суглинистая, содержание гумуса (по Тюрину) 4,3%, pH 6,1, азот щелочногидролизующий 109 мг/кг, калий (по Кирсанову) 180 мг/кг, фосфор (по Чирикову) 400 мг/кг. Предшественник – черный пар. Применяли капельное орошение. Фон удобрений  $N_{160}P_{160}K_{160}$ .

Почва опытного участка д. Полевой Сундырь чернозем, по механическому составу легкоголистый, содержание гумуса 7,4%, pH 5,8, азот щелочногидролизующий 172 мг/кг, калий 321,4 мг/кг, фосфор 401 мг/кг. Предшественник – чистый пар. Орошение в виде дождевания. Фон удобрений  $N_{221}P_{161}K_{518}$ .

Количество растений на делянке 10 шт. Схема посадки 0,75 x 0,26 см. Площадь питания одного растения 0,195 м<sup>2</sup>. Густота посадки 51 282 клубней/га. Площадь делянки 1,9 м<sup>2</sup>. Повторность трехкратная, шахматный способ размещения делянок на опытном участке.

Технология выращивания картофеля в ТатНИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН общепринятая для региона [6]. Уборку экспериментальных питомников картофеля проводили в первой и второй декаде сентября. Убранные клубни были заложены в хранилище для сушки и прохождения лечебного периода. Через 30-45 суток после уборки проводили анализ клубней.

Визуальную оценку растений и клубней проводили согласно методическим рекомендациям, разработанным в ТатНИИСХ – ОСП ФИЦ КазНЦ РАН [7].

Инструментальные измерения и визуальные оценки метеорологических величин, характеристик и атмосферных явлений проводили в пункте наблюдений экспериментальной базы ТатНИИСХ – ОСП ФИЦ КазНЦ РАН (с. Большие Кабаны, Лаишевский район Республики Татарстан). Информация была любезно предоставлена руководителем метеостанции в.н.с., к.с.-х.н. О.Л. Шайтановым.

Математическую обработку экспериментальных данных проводили в программе Microsoft Excel с применением пакета анализа «XLSTAT FREE», XLSTAT Version 2016.02.28451 и программе Statistica.

**Результаты и обсуждение.** Агроклиматические условия вегетационного сезона 2022 г. для реализации биологического потенциала картофеля в целом были удовлетворительными. Сумма осадков за вегетацию картофеля составила 151 мм при среднемноголетнем значении 185 мм. Сумма эффективных температур  $T > 10^{\circ}C$  за период составила 1028 $^{\circ}C$  и была ниже среднемноголетнего значения 1081 $^{\circ}C$ . Средний ГТК за вегетационный период (третья декада мая по сентябрь) составил 0,8 (слабая засуха).

Агроклиматические условия вегетационного сезона 2023 г. были засушливые. Сумма осадков за вегетацию картофеля составила 130 мм при среднемноголетнем значении 185 мм. Сумма эффективных температур  $T > 10^{\circ}C$  составила 1153 $^{\circ}C$  и выше среднемноголетнего значения 1081 $^{\circ}C$ . В настоящем году в среднем за вегетацию картофеля ГТК составил 0,6 (средняя засуха) при среднемноголетнем значении 0,9 (слабая засуха).

Агроклиматические условия вегетационного сезона 2024 г. были контрастными. Периоды засухи и высокой температуры воздуха чередовались ливневыми осадками. Сумма эффективных температур  $T > 10^{\circ}C$  составила 1064 $^{\circ}C$  и была на уровне среднемноголетнего значения 1081 $^{\circ}C$ . Сумма осадков за вегетацию картофеля составила 238 мм при среднемноголетнем значении 185 мм. В среднем за вегетацию картофеля ГТК составил 1,0 (достаточно влажно) при среднемноголетнем значении 0,9 (слабая засуха).

На протяжении трех вегетационных сезонов (2022-2024 гг.) был изучен биотический фактор развития стресса растений: уровень развития болезней на клубнях и вегетирующих растениях картофеля. Выявлено, что наиболее часто клубни поражались сухой фузариозной гнилью (*Fusarium spp.*) и паршой обыкновенной (*Streptomyces spp.*). На растениях картофеля был отмечен альтернариоз листьев (ранняя сухая пятнистость, *Alternaria spp.*) и симптомы вирусных болезней.

Оценка поражения клубней сухой гнилью представлена в таблице 1. Наиболее сильное развитие болезни, позволяющее провести дифференциацию устойчивости/восприимчивости образцов к заболеванию, было отмечено в 2023 г. на участке д. Дубровка (поражение 11/13 исследованных образцов), а также в 2024 г. на участках с. Бол. Кабаны (9/13 образцов) и Дубровка (6/13 образцов). Наименьший уровень поражения клубней сухой гнилью за все годы изучения выявлен у сортов Орлан (0,0-1,0%), Догода (0,0-2,9%) и Амигос (0,0-5,1%). Наибольший уровень инфицирования клубней *Fusarium spp.* зафиксирован у сортов Зумба (0,0-15,2%), Кайо (0,0-14,1%) и Дана (0,0-31,5%). Статистический анализ, проведенный с

помощью расчета непараметрического U-критерия Манна-Уитни, показал, что различия, выявленные между образцами, обладающими контрастным уровнем восприимчивости к инфицированию сухой фузариозной гнилью, статистически значимы ( $p < 0,05$ ).

Анализ инфицирования клубней паршой обыкновенной отражен в таблице 2. Наибольший уровень заболевания зафиксирован в 2023 г. на всех трех экспериментальных участках: с. Бол. Кабаны (у всех изученных образцов), д. Дубровка (9/13 образцов) и АФ «Слава картофелю» (9/13 образцов). На стабильно низком уровне во все годы исследования заболевание отмечено у образцов Танго (0,0-1,2%), Блоссом (0,0-3,2%) и Регги (0,0-4,8%). Наиболее стабильно заболевание выявлялось у образцов Амигос (0,0-6,7%), Зумба (0,0-12,4%) и Флорет (0,0-13,6%). Статистический анализ, проведенный с помощью расчета непараметрического U-критерия Манна-Уитни, показал, что различия, выявленные между образцами, обладающими контрастным уровнем восприимчивости к инфицированию клубней паршой обыкновенной, статистически значимы ( $p < 0,05$ ).

Наиболее отчетливо на вегетирующих растениях картофеля болезни проявились в 2023 г. (табл. 3). Низкий уровень развития альтернариоза был отмечен у образцов Танго (1 балл), Блоссом (2 балла), Кортни (2 балла) и других. Наиболее высокий уровень инфицирования был выявлен у образцов Зумба (7 баллов) и Сальса (7 баллов). Симптомы вирусных болезней были выявлены: морщинистая мозаика у образца Зумба (7 баллов), морщинистая мозаика и курчавость листьев у образца Сальса (7 баллов).

В таблице 4 отражены данные рангового анализа устойчивости образцов картофеля к факторам биотического стресса, выполненного на основании учета болезней на протяжении трех вегетационных сезонов.

### 1. Поражение картофеля сухой фузариозной гнилью

| Сорт    | Доля клубней, пораженных сухой фузариозной гнилью, % |         |         |                                                    |         |         |                                                                                |         |         |
|---------|------------------------------------------------------|---------|---------|----------------------------------------------------|---------|---------|--------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|
|         | д. Дубровка, Лаишевский район, РТ (ТатНИИСХ)         |         |         | с. Большие Кабаны, Лаишевский район, РТ (ТатНИИСХ) |         |         | д. Полевой Сундырь, Комсомольский район, РЧ (ООО АФ «Слава картофелю-Яльчики») |         |         |
|         | 2022 г.                                              | 2023 г. | 2024 г. | 2022 г.                                            | 2023 г. | 2024 г. | 2022 г.                                                                        | 2023 г. | 2024 г. |
| Амигос  | 0,0                                                  | 3,0     | 0,0     | 0,0                                                | 0,0     | 5,1     | 0,0                                                                            | 0,0     | 0,0     |
| Блоссом | 0,8                                                  | 2,2     | 0,0     | 0,0                                                | 0,0     | 0,0     | 0,0                                                                            | 0,5     | 0,0     |
| Дана    | 0,0                                                  | 31,5    | 3,5     | 0,8                                                | 2,2     | 3,2     | 0,0                                                                            | 0,4     | 0,7     |
| Догода  | 0,0                                                  | 2,7     | 0,0     | 0,0                                                | 0,0     | 2,9     | 0,0                                                                            | 0,0     | 0,0     |
| Зумба   | 0,0                                                  | 14,6    | 8,6     | 1,0                                                | 0,0     | 15,2    | 0,0                                                                            | 0,7     | 0,0     |
| Кайо    | 0,0                                                  | 14,1    | 5,0     | 0,0                                                | 4,8     | 4,3     | 0,4                                                                            | 0,0     | 3,8     |
| Кортни  | 0,6                                                  | 7,8     | 0,0     | 0,0                                                | 0,7     | 0,0     | 0,0                                                                            | 0,0     | 0,0     |
| Орлан   | 0,0                                                  | 0,0     | 0,0     | 0,0                                                | 0,0     | 1,0     | 0,0                                                                            | 0,0     | 0,0     |
| Регги   | 0,0                                                  | 0,0     | 4,7     | 0,0                                                | 0,0     | 4,3     | 0,0                                                                            | 0,0     | 3,5     |
| Сальса  | 0,0                                                  | 8,6     | 4,8     | 0,0                                                | 0,0     | 2,4     | 0,0                                                                            | 0,5     | 0,0     |
| Самба   | 0,0                                                  | 3,7     | 0,0     | 0,0                                                | 0,0     | 2,4     | 0,0                                                                            | 0,7     | 0,0     |
| Танго   | 0,3                                                  | 4,0     | 0,0     | 0,0                                                | 0,0     | 0,0     | 0,0                                                                            | 0,0     | 0,0     |
| Флорет  | 1,0                                                  | 3,3     | 5,9     | 0,0                                                | 0,0     | 0,0     | 0,0                                                                            | 1,1     | 3,2     |

### 2. Поражение клубней картофеля паршой обыкновенной

| Сорт    | Доля клубней, пораженных паршой обыкновенной, % |         |         |                                                    |         |         |                                                                                |         |         |
|---------|-------------------------------------------------|---------|---------|----------------------------------------------------|---------|---------|--------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|
|         | д. Дубровка, Лаишевский район, РТ (ТатНИИСХ)    |         |         | с. Большие Кабаны, Лаишевский район, РТ (ТатНИИСХ) |         |         | д. Полевой Сундырь, Комсомольский район, РЧ (ООО АФ «Слава картофелю-Яльчики») |         |         |
|         | 2022 г.                                         | 2023 г. | 2024 г. | 2022 г.                                            | 2023 г. | 2024 г. | 2022 г.                                                                        | 2023 г. | 2024 г. |
| Амигос  | 6,7                                             | 0,0     | 0,0     | 0,0                                                | 2,2     | 0,0     | 2,4                                                                            | 2,4     | 0,0     |
| Блоссом | 3,2                                             | 0,0     | 0,0     | 0,0                                                | 0,0     | 0,0     | 0,0                                                                            | 0,0     | 0,0     |
| Дана    | 3,2                                             | 7,4     | 0,0     | 0,0                                                | 2,2     | 0,0     | 0,0                                                                            | 1,9     | 0,0     |
| Догода  | 0,0                                             | 0,9     | 0,0     | 0,0                                                | 1,0     | 0,0     | 0,0                                                                            | 0,0     | 0,0     |
| Зумба   | 3,2                                             | 0,0     | 0,0     | 10,2                                               | 4,7     | 0,0     | 0,6                                                                            | 6,5     | 0,0     |
| Кайо    | 0,0                                             | 1,5     | 0,0     | 1,3                                                | 1,6     | 0,0     | 0,0                                                                            | 2,8     | 0,0     |
| Кортни  | 0,0                                             | 0,8     | 0,0     | 0,0                                                | 1,4     | 0,0     | 0,0                                                                            | 1,5     | 0,0     |
| Орлан   | 0,0                                             | 2,1     | 0,0     | 1,4                                                | 0,0     | 0,0     | 0,3                                                                            | 0,5     | 0,0     |
| Регги   | 0,0                                             | 2,4     | 0,0     | 0,0                                                | 2,4     | 0,0     | 0,0                                                                            | 0,0     | 0,0     |
| Сальса  | 5,1                                             | 18,8    | 0,0     | 0,0                                                | 3,0     | 0,0     | 0,0                                                                            | 1,8     | 0,0     |
| Самба   | 0,6                                             | 15,3    | 0,0     | 0,0                                                | 8,5     | 0,0     | 0,0                                                                            | 1,3     | 0,0     |
| Танго   | 0,0                                             | 0,0     | 0,0     | 0,0                                                | 0,0     | 0,0     | 0,0                                                                            | 0,0     | 0,0     |
| Флорет  | 6,7                                             | 0,0     | 0,0     | 0,0                                                | 1,2     | 1,3     | 0,0                                                                            | 7,4     | 0,0     |

**3. Уровень инфицирования растений картофеля вирусными болезнями, 2023 г.**

| Сорт    | Альтернариоз | Симптомы вирусных болезней. Уровень инфицирования*, балл |                    |                                   |
|---------|--------------|----------------------------------------------------------|--------------------|-----------------------------------|
|         |              | Морщинистая мозаика                                      | Полосчатая мозаика | Курчавость и закручивание листьев |
| Амигос  | 6,0          | 0,0                                                      | 0,0                | 0,0                               |
| Блоссом | 2,0          | 0,0                                                      | 0,0                | 0,0                               |
| Дана    | 5,0          | 0,0                                                      | 0,0                | 0,0                               |
| Догода  | 5,0          | 0,0                                                      | 0,0                | 0,0                               |
| Зумба   | 7,0          | 7,0                                                      | 0,0                | 0,0                               |
| Кайо    | 3,0          | 0,0                                                      | 0,0                | 0,0                               |
| Кортни  | 2,0          | 0,0                                                      | 1,0                | 0,0                               |
| Орлан   | 4,0          | 0,0                                                      | 0,0                | 0,0                               |
| Регги   | 2,0          | 0,0                                                      | 0,0                | 0,0                               |
| Сальса  | 7,0          | 7,0                                                      | 0,0                | 7,0                               |
| Самба   | 2,0          | 0,0                                                      | 0,0                | 0,0                               |
| Танго   | 1,0          | 0,0                                                      | 0,0                | 0,0                               |
| Флорет  | 2,0          | 0,0                                                      | 0,0                | 0,0                               |

\* 1 – слабое, ..., 7 – сильное поражение.

**4. Уровень устойчивости растений картофеля к факторам биотического стресса, 2022-2024 гг.**

| Сорт    | Восприимчивость к заболеванию*, ранг |                    |              |                  | Сумма рангов | Итоговый ранг |
|---------|--------------------------------------|--------------------|--------------|------------------|--------------|---------------|
|         | Сухая фузариозная гниль              | Парша обыкновенная | Альтернариоз | Вирусные болезни |              |               |
| Амигос  | 3                                    | 12                 | 11           | 1                | 27           | 10            |
| Блоссом | 6                                    | 2                  | 2            | 1                | 11           | 2             |
| Дана    | 13                                   | 8                  | 9            | 1                | 31           | 11            |
| Догода  | 2                                    | 3                  | 9            | 1                | 15           | 3             |
| Зумба   | 11                                   | 13                 | 12           | 12               | 48           | 13            |
| Кайо    | 12                                   | 6                  | 7            | 1                | 26           | 9             |
| Кортни  | 8                                    | 4                  | 2            | 1                | 15           | 3             |
| Орлан   | 1                                    | 6                  | 8            | 1                | 16           | 6             |
| Регги   | 7                                    | 5                  | 2            | 1                | 15           | 3             |
| Сальса  | 9                                    | 10                 | 12           | 12               | 43           | 12            |
| Самба   | 5                                    | 8                  | 2            | 1                | 16           | 6             |
| Танго   | 4                                    | 1                  | 1            | 1                | 7            | 1             |
| Флорет  | 10                                   | 10                 | 2            | 1                | 23           | 8             |

\* 1 – высокая устойчивость, ..., 13 – восприимчивость.

На основании исследования сделано заключение, что комплексной устойчивостью к поражению клубней сухой фузариозной гнилью и паршой обыкновенной, а также растений картофеля альтернариозом листьев и вирусными болезнями обладают сорта картофеля Танго, Блоссом, Догода, Регги и Кортни.

**Заключение.** Комплексная устойчивость к инфицированию наиболее распространенными в Средне-вожском регионе фитопатогенам (факторам биотического стресса) выявлена у сортов картофеля Танго, Блоссом, Догода, Регги и Кортни.

**Заявление о конфликте интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Финансирование.** Исследование выполнено по государственному заданию ТатНИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН.

**Литература**

1. Анисимов Б.В., Тульчев В.В., Янюшкина Н.А. и др. Мониторинг современного состояния производства картофеля в России (справочник). – М.: ФГБНУ ВНИИКС, 2017. – 35 с.
2. Сташевски З., Кузьмина О.А., Вологин С.Г. и др. Первые результаты эколого-географического испытания новых российских сортов картофеля // Земледелие, 2019, № 6. – С. 43-48.
3. Замалиева Ф.Ф. Борьба с вирусными болезнями картофеля // Защита и карантин растений, 2013, № 3. – С. 17-21.
4. Замалиева Ф.Ф. Защита картофеля в Татарстане // Защита и карантин растений, 2013, № 6. – С. 43-45.
5. Бакунов А.Л., Рубцов С.Л., Розенцвейт О.А. и др. Параметры адаптивной способности и стабильности сортов картофеля при выращивании в неблагоприятных климатических условиях // Аграрный научный журнал, 2023, № 12. – С. 4-9.
6. Замалиева Ф.Ф., Тагиров М.Ш., Салихова З.З. и др. Оздоровленный семенной картофель: Рекомендации по выращиванию (измененные и дополненные). – Казань, 2007. – 60 с.
7. Сташевски З., Гимаева Е.А., Гизатуллина А.Т. и др. Методика морфологического анализа и оценки ростовых аномалий у образцов картофеля. – Казань, 2017. – 4 с.



## К ВОПРОСУ ПЕРЕДАЧИ ВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИИ БОТАНИЧЕСКИМИ СЕМЕНАМИ КАРТОФЕЛЯ

Э.М. Гайсина, Е.Н. Пакина, А.Н. Игнатов

Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы, Москва,  
e-mail: ignatov\_an@pfur.ru

**Аннотация.** Передача вируса через семена не редкость для видов семейства *Potyviridae* (Потивирусы), однако не только точный механизм и генетическая основа такой передачи не выяснены полностью, но и список вирусов и растений-хозяев с подобным способом передачи еще полностью не определен. На передачу инфекции влияют различные факторы, включая генотип растения, изолят вируса, условия окружающей среды, фаза заражения и вирусный синергизм. Передача вирусов через семена может привести к эпифитотии. Это осложняется тем фактом, что у таких растений часто не проявляются симптомы вирусной инфекции. При размножении семенами клонов картофеля, отобранных из сорта Ла Страда, и зараженных штаммом PVYnt, частота проявления симптомов на проростках из ботанических семян составляла от 0 до 4%, а частота заражения, определенная ОТ-ПЦР анализом – от 1 до 8%. Таким образом, подтверждается низкая частота передачи вирусов картофеля с ботаническими семенами, вероятно зависящая от генетических особенностей образцов картофеля. Необходимы дальнейшие исследования, чтобы оценить риски передачи инфекции через семена и ее влияние на эпифитотии вируса.

**Ключевые слова:** *Solanum tuberosum* L., вирусы, ботанические семена, картофель.

### ON THE ISSUE OF THE TRANSMISSION OF VIRAL INFECTIONS THROUGH BOTANICAL POTATO SEEDS

E.M. Gaisina, E.N. Pakina, A.N. Ignatov

Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, Moscow, e-mail: ignatov\_an@pfur.ru.

**Abstract.** The transmission of viruses through seeds is a common phenomenon among species of the *Potyviridae* family. However, the exact mechanism and genetic basis for this transmission have not yet been fully understood, nor has the list of viruses and host plants that use this mode of transmission been fully determined. Transmission is influenced by a variety of factors, including the plant genotype, viral isolate, environmental conditions, infection stage, and viral synergy. Transmission via seeds can have a significant impact on the epidemiology of viruses. This is compounded by the fact that infected plants often do not exhibit symptoms of viral infection when transmitted through seeds. When potato clones selected from the cv. La Strada were infected with PVYnt and propagated for botanical seeds, the frequency of visible symptoms on seedlings from these seeds ranged from 0 to 4%. The frequency of infection as determined by RT-PCR analysis ranged from 1 to 8%, confirming the low frequency of transmission of potato viruses through botanical seeds. This likely depends on the genetic characteristics of the potato used. Further research is needed to assess the risk of transmission through seeds and its impact on the spread of the virus.

**Keywords:** *Solanum tuberosum* L., viruses, botanical seeds, potatoes.

**Введение.** Вертикальная и горизонтальная передача вирусов – важнейшая часть их жизненного цикла. Способ передачи может оказывать существенное влияние на ущерб от вирусных эпифитотий и на дальнейшую эволюцию патогена. Сравнение изменений в генетической структуре популяций трех штаммов вируса картофеля игрек (potato virus Y-PVY) после последовательного прохождения горизонтальным (через насекомое-вектор) и вертикальным (через клубни) путями передачи показало, что линии вируса, связанные с вектором, были более гомогенными, чем линии, передаваемые клубнями [1]. Цитологический анализ подтвердил, что вирусные частицы штамма PVYnt (некротического) находятся во всех репродуктивных органах и в эмбрионах перца (*Capsicum annuum*) и некоторых других пасленовых растений [2, 3], и переходят в семена. Вирус кольцевой пятнистости табака (TRSV) был обнаружен в 2-9% рассады картофеля, выращенной из настоящих семян, собранных с инфицированных растений картофеля. Вирус *Arracacha virus B* (AVB) был обнаружен в 4-12% проростков, а картофельный вирус Т (PVT) был найден в 2-59% семян разных клонов

картофеля. Вирусы AVB, PVT и TRSV были обнаружены в пыльце зараженных растений картофеля. Частота заражения при опылении здоровых растений такой пылью достигала 8% [4]. Примечательно, что передача семенами вирусов картофеля сильно зависела от сорта и зараженные растения часто были бессимптомными. По сведениям Kumar R. et al. [4], ботаническими семенами картофеля могут также передаваться вирусы PVX, PVY, PAMV (Акуба-мозаика), AMV (мозаика люцерны), APLV (Андийский латентный вирус), CMV (мозаика огурца), PBRV (вирус черной кольцевой пятнистости), TSV (вирус стрика томата), PVU (картофельный вирус U), PVV (картофельный вирус V) и некоторые другие.

Механизм передачи для этих вирусов не всегда известен – это может быть поверхностная инфекция на оболочке, как для вируса мозаики томата (ToMV) или табака (TMV), проникновение в завязь с зараженной пылью (AVB, PVT и TRSV), или развитие из зараженного материнского растения при пониженной агрессивности изолятов (PVY). Не так давно И. Зубарева [5] впервые доказала факт передачи потивируса мозаики турнепса (TMV) с ослабленной вирулентностью семенами капустных культур несмотря на то, что этот факт отрицался долгие годы.

**Цель работы** – оценка зараженности растений картофеля из потомства, выращенного из ботанических семян, зараженных вирусами растений, для создания рабочей модели вертикальной (через семена) передачи вирусов.

**Материалы и методы.** *Растения.* Растения картофеля 4-х клонов, отобранных в 2021-2023 гг. из популяции сорта «Ла Страда» (Cygnal Potato Breeders LTD., Великобритания) по признаку высокой фертильности (исходный сорт не образует плодов). Выращивали осенью 2024 г. в 15 л горшках с универсальным питательным грунтом «Агрикола» в теплице при температуре 16-25°C. В фазе всходов растения были заражены вирусом PVYnt натиранием листьев соком из зараженных растений, размножаемых *in vitro*. Незараженные растения использовали в качестве контроля. Через 3 недели после заражения растения картофеля были протестированы на заражение методом ELISA с набором ИФА реагентов для определения вируса картофеля Y (PVY) (некротический) производства компании Agdia (Великобритания).

*Получение семян.* Цветы картофеля были опылены путем переноса пыльцы с пыльников на рыльца с помощью пинцета. Плоды собирали в фазе начала естественного созревания, выделенные из плодов и отмытые от мякоти семена сушили на бумажных полотенцах и хранили при комнатной температуре в бумажных конвертах.

*Тест на передачу инфекции из семян.* Перед посевом семена картофеля поверхностно обеззараживали раствором перманганата калия, проращивали на фильтровальной бумаге и переносили в кассеты с лунками стороной 5 см, заполненными питательным грунтом марки «Агрикола». По 100 семян из каждого материнского растения были высеяны в компост в кассеты и выращивались при температуре 20-26°C в теплице при регулярной обработке инсектицидами для предотвращения переноса вирусов насекомыми. Молодые растения в фазе 3 настоящих листьев тестировали на заражение группами по 10 растений. Выделение РНК проводили набором EW-001 «ЦитоСорб/СитоСорб» (Синтол, Россия). Анализ методом ОТ-ПЦР проводили набором «Фитоскрин» PV-001 «Potato Virus X и Potato Virus Y-PB» (Синтол, Россия) в соответствии с методикой производителя. Процент заражения семенами оценивали по формуле Гиббса и Гауэра [6]. В фазе 4-5 настоящих листьев растения оценивали визуально на проявление симптомов вирусного поражения, растения, зараженные по визуальным признакам и по ОТ-ПЦР были проверены ИФА, как указано выше.

**Результаты и обсуждение.** Все инокулированные материнские растения были заражены PVYnt, уровень заражения растений, определенный ИФА, статистически не различался. Контрольные растения были

### Проявление вирусной инфекции

| Вариант опыта                                    | Вирусная нагрузка для материнского растения по ИФА, у.е.* | Частота визуально зараженных всходов картофеля, %* | Частота зараженных всходов картофеля по ОТ-ПЦР, %** | Средняя вирусная нагрузка для зараженных растений по ИФА, у.е. |
|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| № 1 PVYnt+                                       | 1,21                                                      | 1,0                                                | 2,0                                                 | 1,10                                                           |
| № 2 PVYnt+                                       | 1,35                                                      | 4,0                                                | 8,0                                                 | 1,30                                                           |
| № 3 PVYnt+                                       | 1,13                                                      | 0,0                                                | 2,0                                                 | 1,10                                                           |
| № 4 PVYnt+                                       | 1,25                                                      | 1,0                                                | 3,0                                                 | 1,20                                                           |
| Среднее / Ст. отклонение                         | 1,24/0,22                                                 | 1,5/1,5                                            | 3,75/2,5                                            | 1,18/0,08                                                      |
| Контроль 1-4 PVYnt-,<br>Среднее / Ст. отклонение | 0,08/0,03**                                               | 0,0/-                                              | 0,0/-                                               | -                                                              |

\* у.е. – условные единицы оптической плотности; \*\* – из 100 растений; \*\* Согласно протоколу валидации набора ELISA Agdia для определения PVY, отрицательный результат находится в диапазоне 0,07-0,11 оптических единиц, а положительный – выше 0,25.

незараженными. Через 30 дней после появления всходов, был проведен ОТ-ПЦР анализ на наличие вирусной инфекции PVY, через 40 дней – проведен учет на наличие визуальных признаков. Частота визуального проявления симптомов на проростках составляла от 0 до 4% (среднее – 1,2%), частота заражения при ОТ-ПЦР анализе – от 2 до 8% (среднее – 3,6%) (таблица). Семена, собранные с контрольных растений, были свободны от вируса. Таким образом, существует возможность передачи вируса PVYnt с ботаническими семенами, вероятно зависящая от генетических особенностей образцов картофеля.

**Заключение.** Таким образом, полученные данные показывают, что существует возможность передачи вируса PVYnt с ботаническими семенами. По данным [1], изоляты Потивируса Y, передаваемые клубнями, отличаются более высоким генетическим разнообразием, и среди них могут быть генотипы, более приспособленные к вертикальному переносу через семена. К примеру, факт передачи Потивируса мозаики турнепса (TMV) был впервые показан именно для штамма с рекомбинантным генотипом и пониженной агрессивностью [5], что обеспечило нормальное воспроизводство семян на зараженном растении. Степень участия семенной инфекции в эпифитотиях Потивирусов на многих культурах пока остается мало изученной. Особенно, это относится к картофелю, размножение которого ботаническими семенами все еще является малораспространенной технологией, но очевидно, что их получение картофеля не гарантирует чистоту растений от вирусной инфекции.

#### **Заявление о конфликте интересов.**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### **Финансирование.**

Исследование выполнено при поддержке Минобрнауки России (проект FSSF-2024-0063).

#### **Литература**

1. da Silva W, Kutnjak D, Xu Y, et al. Transmission modes affect the population structure of potato virus Y in potato // PLoS Pathog., 2020, V. 16(6). – N. e1008608. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1008608>
2. Otulak K., Koziel E., Garbaczewska G. Ultrastructural impact of tobacco rattle virus on tobacco and pepper ovary and anther tissues // J. Phytopathol., 2016, V. 164. – P. 226-241. <https://doi.org/10.1111/jph.12450>
3. Otulak K., Koziel E., Lockhart B.E.L., et al. Ultrastructural effects of PVYNTN infection of Capsicum annuum L. cv. Yolo Wonder generative organs; a first step in describing seed transmission // Phytopathol. Mediterr., 2017, V. 56. – P. 379-391. [https://doi.org/10.14601/Phytopathol\\_Mediterr-20252](https://doi.org/10.14601/Phytopathol_Mediterr-20252)
4. Jones R. A. C. Tests for transmission of four potato viruses through potato true seed // Ann. appl. Biol., 1982, V. 100. – P.315-320. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1982.tb01944.x>
5. Kumar R., Kumar R., Tiwari, et al. Potato viruses and their diagnostic techniques: An overview // Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 2019, V. 8(6). – P. 1932-1944. <https://www.phytojournal.com/archives/2019.v8.i6.10305/potato-viruses-and-their-diagnostic-techniques-an-overview>
6. Zubareva, I.A., Vinogradova, S.V., Gribova, T.N., et al. Genetic diversity of turnip mosaic virus and the mechanism of its transmission by Brassica seeds // Doklady Biochemistry and Biophysics, 2013, V. 450 (1). – P. 119. <https://doi.org/10.1134/S1607672913030034>
7. Gibbs A. J., Gower J. C. (1960). The use of a multiple-transfer method in plant virus transmission studies – some statistical points arising in the analysis of results // Annals of Applied Biology, 1960, V. 48. – P. 75-83. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1960.tb03506.x>



## ЦИКАДОВЫЕ В ПОСЕВАХ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ В ЦЧР И ИХ ВИРОФОРНОСТЬ *CANDIDATUS PHYTOPLASMA SOLANI*

Е.С. Герр<sup>1</sup>, О.И. Стогниенко<sup>1</sup>, Ю.Н. Приходько<sup>2</sup>, Т.С. Живаева<sup>2</sup>, М.А. Пручкина<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Всероссийский НИИ сахарной свеклы и сахара им. А.Л. Мазлумова, Воронежская область

<sup>2</sup>Всероссийский центр карантина растений (ФГБУ ВНИИКР), Московская область

e-mail: stogniolga@mail.ru

**Аннотация.** Исследована вирофорность цикадовых – переносчиков фитоплазмы *Candidatus Phytoplasma solani* (возбудитель столбура) в посевах сахарной свеклы ЦЧР в 2020-2022 гг. Выявлены виды-переносчики: *Hyalesthes obsoletus*, *Pentastiridius leporinus* и *Neolaliturus fenestratus*. Установлена положительная корреляция численности цикадовых с ростом среднесуточных и максимальных температур воздуха, суммы эффективных температур ( $r = 0,10-0,13$ ) и отрицательная – с осадками, ГТК и влажностью воздуха ( $r = -0,09-0,24$ ). Доказано распространение нового для культуры заболевания – фитоплазмоза (столбура) сахарной свеклы, прогрессирующего в засушливых условиях.

**Ключевые слова:** *Candidatus Phytoplasma solani*, столбур, цикадовые, вирофорность, сахарная свекла, ПЦР-РВ, температурная зависимость, фитоплазмоз.

## CICADELLIDS IN SUGAR BEET CROPS IN THE CENTRAL BLACK EARTH REGION AND THEIR VIROPHORISM OF *CANDIDATUS PHYTOPLASMA SOLANI*

E.S. Gerr<sup>1</sup>, O.I. Stognienko<sup>1</sup>, Yu.N. Prikhodko<sup>2</sup>, T.S. Zhivaeva<sup>2</sup>, M.A. Pruchkina<sup>2</sup>

<sup>1</sup>A.L. Mazlumov All-Russian Research Institute of Sugar Beet and Sugar, Voronezh region

<sup>2</sup>All-Russian Plant Quarantine Center (VNIKR), Moscow region,

e-mail: stogniolga@mail.ru

**Abstract.** The virophorism of cicadellids – vectors of *Candidatus Phytoplasma solani* (the causal agent of stolbur) – was studied in sugar beet crops in the Central Black Earth Region (CCR) during 2020-2022. The identified vector species were *Hyalesthes obsoletus*, *Pentastiridius leporinus*, and *Neolaliturus fenestratus*. A positive correlation was established between cicadellid abundance and increasing average daily and maximum air temperatures, as well as the sum of effective temperatures ( $r = 0.10-0.13$ ), while a negative correlation was found with precipitation, hydrothermal coefficient (HTC), and air humidity ( $r = -0.09-0.24$ ). The spread of a new disease for this crop – sugar beet phytoplasmosis (stolbur) – progressing under arid conditions, was confirmed.

**Keywords:** *Candidatus Phytoplasma solani*, stolbur, leafhoppers, vector competence, sugar beet, real-time PCR, temperature dependence, phytoplasmosis.

**Введение.** Фитоплазмозы, вызываемые бактериями класса *Mollicutes*, представляют серьезную угрозу для многих сельскохозяйственных культур [1, 2]. Возбудитель столбура – *Candidatus Phytoplasma solani* (*Ca. P. solani*) – широко распространен в Европе и поражает пасленовые, виноград, морковь [3, 4]. Переносчиками *Ca. P. solani* являются цикадовые (*Hemiptera: Auchenorrhyncha*) [5]. В последние годы появились сообщения о поражении сахарной свеклы, однако данные о комплексе переносчиков и факторах их динамики в агроценозах свеклы остаются ограниченными [6].

**Цель работы** – идентификация вирофорных *Ca. P. solani* видов цикадовых в посевах сахарной свеклы ЦЧР и изучение влияния метеословий на их численность.

**Материал и методы исследования.** Объекты исследования: цикадовые, отловленные в посевах сахарной свеклы (п. Рамонь, Воронежская обл.) в 2020–2023 гг. с помощью клеевых ловушек и энтомологических сачков. Видовой учет: определение состава и динамики численности массовых видов. Молекулярная диагностика: экстракция ДНК: набором «ДНК-Экстрен-2» («Синтол»); ПЦР-РВ: наборы «*Candidatus Phytoplasma solani*-РВ» и «*Ca. P. solani* + *Ca. P. vitis*-РВ» («Синтол»). Амплификацию проводили на детектирующем амплификаторе в соответствии с протоколами производителя. Положительным считали образец с  $C_q < 40$ . Корреляционный анализ: зависимость численности цикадовых от метеопараметров (температура, влажность, осадки, ГТК) за 2020-2022 гг. (коэффициент корреляции Пирсона ( $r$ )).

## 1. Массовые виды цикадовых в посевах сахарной свеклы (Рамонь, 2020-2023 гг.)

| Год  | Cixiidae                                                                                 | Cicadellidae                                                                                                                                                                                                                    |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2020 | <i>Hyalesthes obsoletus</i> Signoret., 1865<br><i>Pentastiridius leporinus</i> (L. 1761) | <i>Empoasca decipiens</i> Paoli, 1930<br><i>Eupteryx atropunctata</i> (Goeze, 1778)<br><i>Neoliturus fenestratus</i> (H.-S., 1834)<br><i>Circulifer haematoceps</i> (M. et R., 1885)<br><i>Psammotettix striatus</i> (L., 1758) |
| 2021 | <i>Hyalesthes obsoletus</i> Signoret., 1865<br><i>Pentastiridius leporinus</i> (L. 1761) | <i>Empoasca affinis</i> (Nast, 1937)<br><i>Eupteryx atropunctata</i> (Goeze, 1778)<br><i>Neoliturus fenestratus</i> (H.-S., 1834)<br><i>Circulifer haematoceps</i> (M. et R., 1885)<br><i>Psammotettix striatus</i> (L., 1758)  |
| 2022 | <i>Pentastiridius leporinus</i> (L. 1761)                                                | <i>Empoasca affinis</i> (Nast, 1937)<br><i>Psammotettix striatus</i> (L., 1758)                                                                                                                                                 |
| 2023 | <i>Hyalesthes obsoletus</i> Signoret., 1865<br><i>Pentastiridius leporinus</i> (L. 1761) | <i>Empoasca affinis</i> (Nast, 1937)<br><i>Eupteryx atropunctata</i> (Goeze, 1778)<br><i>Psammotettix striatus</i> (L., 1758)                                                                                                   |

## 2. Корреляция численности цикадовых с метеопараметрами (2020-2022 гг.)

| Метеоданные                                             | Коэффициент корреляции, r |
|---------------------------------------------------------|---------------------------|
| Температура (сумма), Т °С                               | 0,10                      |
| Температура воздуха (среднесуточная), Т °С              | 0,13                      |
| Температура воздуха (максимальная), Т °С                | 0,13                      |
| Температура воздуха (минимальная), Т °С                 | -0,10                     |
| Относительная влажность воздуха (среднесуточная), ОБВ % | -0,24                     |
| Осадки (сумма), мм                                      | -0,09                     |
| ГТК                                                     | -0,12                     |

3. ПЦР-анализ вирофорности цикадовых *Candidatus Phytoplasma solani*, 2021 г.

| Лунка      | Флуорофор  | Проба                                           | Сq           |
|------------|------------|-------------------------------------------------|--------------|
| A01        | FAM        | 1. <i>Psammotettix striatus</i> самец 2         | H/O          |
| A02        | FAM        | 2. <i>Psammotettix striatus</i> самец 3         | H/O          |
| A03        | FAM        | 3. <i>Psammotettix striatus</i> самец 5         | H/O          |
| A04        | FAM        | 4. <i>Psammotettix striatus</i> самец 7         | H/O          |
| A05        | FAM        | 5. <i>Psammotettix striatus</i> 1/1             | H/O          |
| A06        | FAM        | 6. <i>Psammotettix striatus</i> 2/1             | H/O          |
| A07        | FAM        | 7. <i>Psammotettix striatus</i> 1T              | H/O          |
| <b>A08</b> | <b>FAM</b> | <b>8. <i>Hyalesthes obsoletus</i> 6D</b>        | <b>40,11</b> |
| A09        | FAM        | 9. <i>Psammotettix striatus</i> 6D              | H/O          |
| A10        | FAM        | 10. <i>Empoasca affinis</i> 4D                  | H/O          |
| A11        | FAM        | 11. <i>Circulifer haematoceps</i> 4/1           | H/O          |
| A12        | FAM        | 12. <i>Pentastiridius leporinus</i> 2T          | H/O          |
| <b>B01</b> | <b>FAM</b> | <b>13. <i>Pentastiridius leporinus</i> 2D</b>   | <b>41,13</b> |
| B02        | FAM        | 14. <i>Pentastiridius leporinus</i> 3D          | H/O          |
| B03        | FAM        | 15. <i>Pentastiridius leporinus</i> 2TEP        | H/O          |
| B04        | FAM        | 16. <i>Eupteryx atropunctata</i> 3T             | H/O          |
| <b>B05</b> | <b>FAM</b> | <b>17. <i>Hyalesthes obsoletus</i> 1D</b>       | <b>24,33</b> |
| <b>B06</b> | <b>FAM</b> | <b>18. <i>Hyalesthes obsoletus</i> 5D</b>       | <b>25,12</b> |
| <b>B07</b> | <b>FAM</b> | <b>19. <i>Neoliturus fenestratus</i> 1TEP</b>   | <b>37,57</b> |
| B08        | FAM        | 20. <i>Psammotettix striatus</i> самка 1 листик | H/O          |
| B09        | FAM        | 21. <i>Psammotettix striatus</i> самка 4 листик | H/O          |
| B10        | FAM        | 22. <i>Psammotettix striatus</i> самец 8 листик | H/O          |
| B11        | FAM        | 23. <i>Empoasca affinis</i> самец 3/1 листик    | H/O          |
| B12        | FAM        | 24. <i>Empoasca affinis</i> самец 5/1 листик    | H/O          |
| C01        | FAM        | 25. <i>Psammotettix striatus</i> 3TEP           | H/O          |
| C02        | FAM        | 26. <i>Circulifer haematoceps</i> 4/1.          | H/O          |

|            |            |                               |              |
|------------|------------|-------------------------------|--------------|
| C03        | FAM        | к-1                           | H/O          |
| C04        | FAM        | к-2                           | H/O          |
| <b>C05</b> | <b>FAM</b> | <b>Положительный контроль</b> | <b>37,19</b> |
| C06        | FAM        | Отрицательный контроль        | H/O          |

**Результаты и обсуждение.** Видовой состав и динамика цикадовых. В агроценозе сахарной свеклы доминировали виды родов Cixiidae (*Hyalesthes obsoletus*, *Pentastiridius leporinus*) и Cicadellidae (*Empoasca affinis*, *Psammotettix striatus*, *Eupteryx atropunctata*, *Neoliturus fenestratus*) (табл. 1) [7, 8].

В 2022 г. отмечено упрощение видового состава (3 вида) с доминированием *P. leporinus* в середине июля. В 2023 г. пики численности *H. obsoletus* пришлись на июль, *P. striatus* и *E. affinis* – на август.

**Влияние метеоусловий на численность цикадовых.** Корреляционный анализ (табл. 2) показал наличие прямой корреляционной зависимости со среднесуточной температурой ( $r = 0,13$ ), максимальной температурой ( $r = 0,13$ ), суммой эффективных температур ( $r = 0,10$ ); обратная корреляционная зависимость – с минимальной температурой ( $r = -0,10$ ), относительной влажностью воздуха ( $r = -0,24$ ), суммой осадков ( $r = -0,09$ ), ГТК ( $r = -0,12$ ).

**Выявление *Ca. P. solani* у цикадовых.** В 2021 г. ПЦР-РВ подтвердила вирофорность (табл. 3) для *Hyalesthes obsoletus* (Cq 24.33, 25.12, 40.11), *Pentastiridius leporinus* (Cq 41.13) и *Neoliturus fenestratus* (Cq 37.57). Образцы *Psammotettix striatus*, *Empoasca affinis*, *Circulifer haematiceps*, *Eupteryx atropunctata* дали отрицательный результат (H/O).

В 2022 г. при исследовании 23 проб (Табл. 4) инфицированная *Ca. P. solani* особь *P. leporinus* выявлена в 1 случае (4,3%, Cq 35.10). Низкая инфицированность обусловлена малой численностью цикадок и обильными осадками в 2022 г.

#### 4. Исследование вирофорности цикадовых, 2022 г.

| Лунка      | Флуорофор  | Содерж.                                | Проба           | Cq           |
|------------|------------|----------------------------------------|-----------------|--------------|
| A01        | FAM        | <i>Psammotettix striatus</i>           | 1-2,6/5.7       | H/O          |
| A02        | FAM        | <i>Empoasca affinis</i>                | 3,7/9.6         | H/O          |
| A03        | FAM        | <i>Empoasca affinis</i>                | 4,7/9.6         | H/O          |
| <b>A04</b> | <b>FAM</b> | <b><i>Pentastiridius leporinus</i></b> | <b>5,6/27.6</b> | <b>35,10</b> |
| A05        | FAM        | <i>Pentastiridius leporinus</i>        | 6,6/27.6        | H/O          |
| A06        | FAM        | <i>Pentastiridius leporinus</i>        | 7,6/25.7        | H/O          |
| A07        | FAM        | <i>Pentastiridius leporinus</i>        | 8,6/25.7        | H/O          |
| A08        | FAM        | <i>Pentastiridius leporinus</i>        | 9,6/20.7        | H/O          |
| A09        | FAM        | <i>Pentastiridius leporinus</i>        | 10,6/20.7       | H/O          |
| A10        | FAM        | <i>Psammotettix striatus</i>           | 11,8/12.8       | H/O          |
| A11        | FAM        | <i>Psammotettix striatus</i>           | 12,8/12.8       | H/O          |
| A12        | FAM        | <i>Empoasca affinis</i>                | 13,9/12.8       | H/O          |
| B01        | FAM        | <i>Empoasca affinis</i>                | 14,9/12.8       | H/O          |
| B02        | FAM        | <i>Empoasca affinis</i>                | 15,8/12.8       | H/O          |
| B03        | FAM        | <i>Empoasca affinis</i>                | 16,8/12.8       | H/O          |
| B04        | FAM        | <i>Empoasca affinis</i>                | 17,6/2.8        | H/O          |
| B05        | FAM        | <i>Empoasca affinis</i>                | 18,6/2.8        | H/O          |
| B06        | FAM        | <i>Empoasca affinis</i>                | 19,6/12.8       | H/O          |
| B07        | FAM        | <i>Empoasca affinis</i>                | 20,6/12.8       | H/O          |
| B08        | FAM        | <i>Pentastiridius leporinus</i>        | 21,6/2.8        | H/O          |
| B09        | FAM        | <i>Pentastiridius leporinus</i>        | 22,6/2.8        | H/O          |
| B10        | FAM        | <i>Pentastiridius leporinus</i>        | 23,6/12.8       | H/O          |
| B11        | FAM        | <i>Pentastiridius leporinus</i>        | 24,6/12.8       | H/O          |
| B12        | FAM        | –K1                                    | –K1             | H/O          |
| C01        | FAM        | –K2                                    | –K2             | H/O          |
| C02        | FAM        | –K3                                    | –K3             | H/O          |
| C03        | FAM        | Flavescence doree-1(+k, Adgen)         | F.d-1           | H/O          |
| C04        | FAM        | Flavescence doree-2(+k, Adgen)         | F.d-1           | H/O          |
| C05        | FAM        | Отрицательный контроль                 |                 | H/O          |
| C06        | FAM        | Положительный контроль                 |                 | 32,76        |

Примечание: жирным шрифтом выделены пробы, в которых выявлена *Candidatus Phytoplasma solani*; –K1, –K2 отрицательные контроли по выделению (растительные пробы в которых достоверно не подтверждено наличие *Ca. P. solani*), –K3 отрицательный контроль амплификации.



**Заключение.** В посевах сахарной свеклы ЦЧР выявлено новое заболевание – фитоплазмоз (столбур), вызываемый *Candidatus Phytoplasma solani*. Основные переносчики *Ca. P. solani* в агроценозе свеклы: *Hyalesthes obsoletus*, *Pentastiridius leporinus* и *Neoliturus fenestratus*. Численность цикадовых-переносчиков достоверно возрастает при повышении среднесуточных и максимальных температур, суммы эффективных температур и снижается при увеличении осадков, влажности воздуха и ГТК. Вспышки фитоплазмоза сахарной свеклы прогнозируются в условиях жаркой и засушливой погоды, характерной для конца вегетационного периода в ЦЧР. Результаты имеют важное значение для разработки системы мониторинга и защиты сахарной свеклы от нового патогена.

#### **Заявление о конфликте интересов.**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### **Литература**

1. Bertaccini A., Duduk B. Phytoplasma and phytoplasma diseases: a review of recent research // *Phytopathologia Mediterranea*, 2009, Vol. 48(3). P. – 355-378.
2. Weintraub P.G., Beanland L. Insect vectors of phytoplasmas // *Annual Review of Entomology*, 2006, V. 51. – P. 91-111. DOI: 10.1146/annurev.ento.51.110104.151039
3. Quaglino F. et al. ‘Candidatus *Phytoplasma solani*’, a novel taxon associated with stolbur- and bois noir-related diseases of plants // *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 2013, V. 63(Pt 8). – P. 2879-2894. [DOI: 10.1099/ij.s.0.044750-0]
4. Johannesen J. et al. Invasion biology and host specificity of the grapevine yellows disease vector *Hyalesthes obsoletus* in Europe // *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 2012, Vol. 142(2). – P. 111-127. DOI: 10.1111/j.1570-7458.2011.01208.x
5. Trivellone V. The potential of molecular approaches in studying planthopper (Hemiptera: Fulgoromorpha) vectors // *Bulletin of Entomological Research*, 2019, V. 109(3). – P. 265-277. [DOI: 10.1017/S0007485318000503]
6. Шевченко Т.П. и др. Проявление столбура на сахарной свекле в условиях Центрального Черноземья // *Сахарная свекла*, 2021, № 8. – С. 18-21.
7. Герр Е.С., Стогниенко О.И., Гнездилов В.М. Цикадовые в посевах сахарной свеклы в европейской части России // *Защита и карантин растений*, № 11, 2022. – С. 31-34. DOI 10.47528/1026\$8634\_2022\_11\_31
8. Герр Е.С., Стогниенко О.И. Фитоплазмоз сахарной свеклы (*Candidatus Phytoplasma solani*): симптомы, распространенность, переносчики // *Биосфера*, № 4, 2022. – С. 293-299.

## ИЗУЧЕНИЕ ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ РАННЕСПЕЛЫХ СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПИ НОВОСИБИРСКОГО ПРИОБЬЯ

Ю.А. Гуреева, А.С. Батов, К.А. Колошина

Сибирский НИИ растениеводства и селекции – филиал Института цитологии и генетики Сибирского отделения РАН, р.п. Краснообск, Новосибирская обл., e-mail: gureva97@yandex.ru

**Аннотация.** Представлены результаты полевых исследований 25 сортов картофеля из коллекции СибНИИРС по урожайности и устойчивости к фитофторозу в лесостепи Новосибирского Приобья в 2022-2024 гг. Среди раннеспелых сортов максимальную урожайность на 60-70 день показали Холмогорский (521-639 г/куст), Розара (449-550 г/куст) и Калужский (411-713 г/куст). Среди среднеранних сортов выделились Шах (412-687 г/куст) и Краса Мещеры (451-653 г/куст). Высокую устойчивость к фитофторозу (7-8 баллов) продемонстрировали Шах, Caprice, Baszta, Odra, Фрителла, Матушка и Красноярский ранний. Данные сорта перспективны для практического возделывания и селекции скороспелых фитофтороустойчивых сортов.

**Ключевые слова:** картофель, ранние сорта, селекция, исходный материал, коллекция.

### EVALUATION OF GERMPLASM FOR BREEDING EARLY-MATURING POTATO VARIETIES UNDER THE CONDITIONS OF THE FOREST-STEPPE ZONE OF NOVOSIBIRSK PRIOBYE

Yu.A. Gureeva, A.S. Batov, K.A. Koloshina

Siberian Research Institute of Plant Growing and Breeding – Branch of the Institute of Cytology and Genetics, Siberian Branch of the RAS, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, e-mail: gureva97@yandex.ru

**Abstract.** Field studies of 25 potato varieties from the SibNIIRS collection for yield and late blight resistance were conducted in the forest-steppe zone of Novosibirsk Priobye in 2022-2024. Among early-maturing varieties, the highest yields at 60-70 days were observed in Holmogorsky (521-639 g/plant), Rozara (449-550 g/plant), and Kaluzhsky (411-713 g/plant). Among medium-early varieties, Shakh (412-687 g/plant) and Krasa Meshchery (451-653 g/plant) showed superior performance. High late blight resistance scores (7-8) were demonstrated by Shakh, Caprice, Baszta, Odra, Fritella, Matushka, and Krasnoyarsky Ranniy. These varieties are promising for cultivation and breeding of early-maturing late blight-resistant potatoes.

**Keywords:** potato, early varieties, breeding, germplasm, collection

**Введение.** Картофель занимает важное место в российском сельском хозяйстве и является одной из ключевых культур, обеспечивающих продовольственную безопасность. В регионах с коротким вегетационным периодом, таких как лесостепная зона Новосибирского Приобья, производство картофеля сталкивается с ограничениями, обусловленными резко континентальным климатом с засухами в период вегетации и обильными осадками в конце лета [1, 2]. Основной проблемой картофелеводства в таких условиях является необходимость создания скороспелых сортов, способных формировать полноценный урожай за короткий период [3]. Скороспелость, характеризующаяся быстрым прохождением фаз роста и ранним началом формирования клубней, позволяет оптимизировать процессы уборки, обеспечить своевременное снабжение продовольственным картофелем и снизить риски, связанные с неблагоприятными погодными факторами. В регионах, подверженных поражению фитофторозом (*Phytophthora infestans*), скороспелость должна сочетаться с устойчивостью к этому заболеванию, так как раннеспелые сорта наиболее уязвимы к нему [4, 5].

**Цель исследования** – изучение и отбор исходного материала для селекции раннеспелых сортов картофеля, адаптированных к условиям лесостепи Новосибирского Приобья, с учетом их урожайности и устойчивости к фитофторозу.

**Материалы и методы.** Для исследования использованы 25 сортов картофеля из коллекции СибНИИРС, стандарт сорт Розара. Закладку опыта, проведение учетов и оценку образцов в полевых условиях выполняли согласно методическим рекомендациям ВИР и ВНИИКС им. А.Г. Лорха (Методические указания по поддержанию и изучению мировой коллекции картофеля, 2010).

Схема эксперимента: повторность трехкратная, делянки двухрядковые, количество растений в рядке – 10 шт., схема посадки 0,70 x 0,35 м. Визуальную оценку устойчивости к болезням проводили в период вегетации растений на естественном инфекционном фоне согласно методическим указаниям по оценке селекционного материала картофеля на устойчивость к фитофторозу (М.: ФГБНУ ВНИИКС, 1980). Математическую обработку экспериментальных данных выполняли методом дисперсионного анализа с использованием программного обеспечения SNEDECOR (Прикладная статистика на компьютере, 2009). Метеорологические данные за период исследований (2022-2024 гг.) были получены от агрометеостанции «Огурцово» (табл. 1).

1. Погодные условия в годы исследований (данные агрометеостанции «Огурцово»)

| Месяц  | Средняя температура воздуха, °С |         |         |         | Среднее количество осадков, мм |         |         |         |
|--------|---------------------------------|---------|---------|---------|--------------------------------|---------|---------|---------|
|        | средняя многолетняя             | 2022 г. | 2023 г. | 2024 г. | среднее многолетнее            | 2022 г. | 2023 г. | 2024 г. |
| Май    | 11,9                            | 15,3    | 11,8    | 11,3    | 37                             | 2,5     | 5,5     | 69,5    |
| Июнь   | 17,6                            | 19,0    | 19,0    | 19,5    | 55                             | 58,8    | 26,1    | 112,9   |
| Июль   | 19,5                            | 18,5    | 21,6    | 21,6    | 68                             | 47,8    | 62,3    | 80,2    |
| Август | 16,9                            | 16,6    | 17,8    | 18,4    | 58                             | 22,8    | 112,3   | 132,7   |

В 2022 г. вегетационный период характеризовался жаркими и засушливыми условиями с дефицитом осадков в мае (2,5 мм при норме 37 мм) и июле (47,8 мм при норме 68 мм), что ограничило влагообеспеченность в критический период клубнеобразования.

В 2023 г. наблюдался недостаток влаги в июне (26,1 мм при норме 55 мм) и аномальное переувлажнение в августе (112,3 мм при норме 58 мм), что затруднило уборочные работы.

В 2024 г. вегетационный период характеризовался избыточной влагообеспеченностью: осадки в июне (112,9 мм) и августе (132,7 мм) превысили среднемноголетнюю норму в 2-2,3 раза, что привело к переуплотнению почвы, ухудшению развития клубней и способствовало развитию эпифитотии фитофтороза.

**Результаты и обсуждение.** В таблице 2 приведены средние данные за 2022-2024 гг. по урожайности 25 сортов картофеля из коллекции СибНИИРС и их устойчивости к фитофторозу. Урожайность оценивали на 60-й и 70-й день после посадки, а также в период уборки.

На 60-е сутки наибольшую урожайность формировали сорта Холмогорский (521 г/куст), Ред Скарлетт (493 г/куст), Башкирский (480 г/куст) и Арго (453 г/куст), что существенно превышало показатели стандарта. На 70-е сутки выделились сорта Калужский (713 г/куст), Шах (687 г/куст), Краса Мещеры (653 г/куст), Арго (640 г/куст) и Холмогорский (639 г/куст). В период уборки максимальная урожайность отмечена у сортов Odra (1050 г/куст), Шах (1028 г/куст), Розара (990 г/куст), Хозяюшка (925 г/куст), Краса Мещеры (924 г/куст) и Sante (943 г/куст).

Оценку степени поражения ботвы фитофторозом проводили визуально в условиях эпифитотийного 2024 года. К группе крайне восприимчивых (1 балл) отнесены сорта Розара (st), Любава, Регги, Старт, Тимо Ханккиян, Купец, Башкирский и Холмогорский. Слабо устойчивые (3 балла) сорта Арго, Ред Скарлетт, Калужский, Горняк, Марет, Ирбитский, Хозяюшка и Quarta. В группу среднеустойчивых (4-6 баллов) вошли сорта Maris Anhor, Краса Мещеры, Sante, Глория, Colleen, Albatros, Тулеевский, Sommergold и Наяда. Наиболее значимой оказалась группа устойчивых сортов (7-8 баллов): Шах, Caprice, Baszta, Odra, Фрителла, Матушка и Красноярский ранний. Данные сорта представляют особый интерес как для практического возделывания, так и для дальнейшей селекционной работы в качестве источников устойчивости к фитофторозу.

**Закключение.** Трехлетнее исследование 25 сортов картофеля в условиях лесостепи Новосибирского Приобья выявило наиболее перспективные генотипы для селекции раннеспелых и фитофтороустойчивых сортов. Среди раннеспелых сортов максимальную урожайность на 60-70 день показали Холмогорский (521-639 г/куст), Розара (449-550 г/куст) и Калужский (411-713 г/куст), а среди среднеранних — Шах (412-687 г/куст) и Краса Мещеры (451-653 г/куст). В период уборки максимальную продуктивность имели сорта Odra (1050 г/куст), Шах (1028 г/куст) и Розара (990 г/куст).

Высокую устойчивость к фитофторозу (7-8 баллов) в эпифитотийный 2024 г. продемонстрировали сорта Шах, Caprice, Baszta, Odra, Фрителла, Матушка и Красноярский ранний. Особую ценность представляют сорта Шах и Odra, сочетающие высокую урожайность с устойчивостью.

На основе полученных результатов для селекции на раннеспелость рекомендуется использовать высокопродуктивные раннеспелые сорта Холмогорский и Калужский как доноры скороспелости, а устойчивые к фитофторозу сорта Красноярский ранний, Матушка и Шах – для создания гибридных комбинаций, сочетающих раннеспелость и устойчивость к фитофторозу.



**2. Средние показатели урожайности и устойчивости сортов картофеля (2022-2024 гг.)**

| Сорт                | Группа<br>спелости | Средняя урожай-<br>ность (60 дней п/п),<br>г/куст | Средняя урожай-<br>ность (70 дней п/п),<br>г/куст | Средняя урожай-<br>ность во время<br>уборки, г/куст | Фитофтороз<br>2024 г., балл |
|---------------------|--------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------|
| Розара, st          | 03                 | 449                                               | 550                                               | 990                                                 | 1*                          |
| Любава              | 03                 | 360                                               | 415                                               | 732                                                 | 1                           |
| Горянка             | 03                 | 281                                               | 449                                               | 691                                                 | 5                           |
| Красноярский ранний | 03                 | 289                                               | 401                                               | 653                                                 | 8                           |
| Матушка             | 03                 | 317                                               | 366                                               | 653                                                 | 8                           |
| Регги               | 03                 | 408                                               | 450                                               | 635                                                 | 1                           |
| Старт               | 03                 | 385                                               | 475                                               | 778                                                 | 1                           |
| Тимо Ханккян        | 03                 | 358                                               | 623                                               | 821                                                 | 1                           |
| Купец               | 03                 | 323                                               | 411                                               | 714                                                 | 1                           |
| Арго                | 03                 | 453                                               | 640                                               | 856                                                 | 3                           |
| Башкирский          | 03                 | 480                                               | 566                                               | 855                                                 | 1                           |
| Ред Скарлетт        | 03                 | 493                                               | 593                                               | 692                                                 | 3                           |
| Глория              | 03                 | 369                                               | 465                                               | 540                                                 | 5                           |
| Калужский           | 03                 | 411                                               | 713                                               | 823                                                 | 3                           |
| Холмогорский        | 03                 | 521                                               | 639                                               | 814                                                 | 1                           |
| Maris Anhor         | 03                 | 162                                               | 251                                               | 433                                                 | 4                           |
| Colleen             | 03                 | 296                                               | 407                                               | 932                                                 | 5                           |
| Горняк              | 04                 | 266                                               | 420                                               | 659                                                 | 3                           |
| Марет               | 04                 | 335                                               | 448                                               | 668                                                 | 3                           |
| Краса Мещеры        | 04                 | 451                                               | 653                                               | 924                                                 | 4                           |
| Шах                 | 04                 | 412                                               | 687                                               | 1028                                                | 7                           |
| Caprice             | 04                 | 145                                               | 258                                               | 805                                                 | 7                           |
| Albatros            | 04                 | 206                                               | 368                                               | 467                                                 | 5                           |
| Sante               | 04                 | 301                                               | 460                                               | 943                                                 | 4                           |
| Тулеевский          | 05                 | 219                                               | 386                                               | 748                                                 | 5                           |
| Ирбитский           | 05                 | 263                                               | 384                                               | 613                                                 | 3                           |
| Наяда               | 05                 | 232                                               | 390                                               | 582                                                 | 6                           |
| Фрителла            | 05                 | 364                                               | 490                                               | 905                                                 | 8                           |
| Хозяюшка            | 05                 | 463                                               | 495                                               | 925                                                 | 3                           |
| Quarta              | 05                 | 305                                               | 342                                               | 661                                                 | 3                           |
| Sommergold          | 05                 | 219                                               | 444                                               | 676                                                 | 4                           |
| Baszta              | 05                 | 210                                               | 311                                               | 762                                                 | 7                           |
| Odra                | 05                 | 227                                               | 517                                               | 1050                                                | 8                           |
| НСР <sub>05</sub>   |                    | 109                                               | 117                                               | 114                                                 |                             |

\* – 1 – восприимчивый, ..., 8 – высокоустойчивый.

**Заявление о конфликте интересов.**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Финансирование.**

Работа выполнена при поддержке бюджетного проекта ИЦиГ СО РАН № FWNR-2023-0011.

**Литература**

1. Иващенко А.Д., Хасбиуллина О.И. Оценка коллекционных сортообразцов картофеля на скороспелость и продуктивность в условиях Камчатского края // Агронаука, 2024, Т. 2(2). – С. 49-58. EDN: DXYNBV. <https://doi.org/10.24412/2949-2211-2024-2-2-49-58>
2. Дергачева Н.В. Селекция картофеля на раннеспелость в лесостепной зоне Западной Сибири // Вестник Красноярского государственного аграрного университета, 2018, № 6(14). – С. 38-42.
3. Попова Л.А., Головина Л.Н., Шаманин А.А. Оценка гибридных образцов картофеля в селекционных питомниках в условиях северных регионов России // Аграрный вестник Урала, 2022, № 08(223). – С. 39-48. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-223-08-39-48.
4. Казак А.А., Логинов Ю.П., Гайзатулин А.С. Урожайность и качество клубней картофеля сорта Коломба в зависимости от предшественника и срока посадки в северной лесостепи Тюменской области // Известия Оренбургского государственного аграрного университета, 2022, № 2(94). – С. 31-37. <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2022-94-2-31-37>.
5. Попова Л.А., Головина Л.Н., Гинтов В.В., Шаманин А.А. Оценка адаптивности сортообразцов картофеля в условиях северных территорий Архангельской области // Картофель и овощи, 2021, № 1. – С. 34-37. DOI: 10.25630/PAV/2021.36.25.004.

## ВИДОВОЙ СОСТАВ ГРИБОВ РОДА *FUSARIUM*, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ С СИМПТОМАМИ СУХОЙ ГНИЛИ

С.Н. Еланский<sup>1,2</sup>, Д.Н. Скоков<sup>1</sup>, А.А. Цинделиани<sup>1</sup>, А.С. Еланский<sup>1</sup>, Л.Ю. Кокаева<sup>1,2</sup>,  
М.М. Ярмеева<sup>1,2</sup>, Н.Ш. Азимова<sup>3,4</sup>, А.В. Николаев<sup>5</sup>, Е.М. Чудинова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, Москва

<sup>2</sup>Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва

<sup>3</sup>Институт фундаментальных и прикладных исследований при Национальном исследовательском университете «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства», Ташкент, Узбекистан

<sup>4</sup>Институт микробиологии Академии наук Республики Узбекистан, Ташкент, Узбекистан

<sup>5</sup>Костромская государственная сельскохозяйственная академия, Кострома

e-mail: snelansky@mail.ru

Сухая гниль – опасное заболевание клубней картофеля. При анализе клубней картофеля с симптомами сухой гнили из разных регионов России, Центральной Азии и Африки выявлены 37 видов рода *Fusarium* из комплексов *F. albidum*, *F. incarnatum-equiseti*, *F. fujikuroi*, *F. nisikadoi*, *F. oxysporum*, *F. redolens*, *F. sambucinum*, *F. solani*, *F. tricinctum*. Сравнение списков видов России и Центральной Азии показало наличие общих видов, в то время как виды из Африки практически не имели пересечения с видами из России и Центральной Азии. Четыре вида (*F. nirenbergiae*, *F. oxysporum*, *F. noneumartii* и *F. solani*) были отмечены во всех трех регионах.

**Ключевые слова:** фузариоз, сухая гниль, болезни картофеля, хранение картофеля.

## SPECIES COMPOSITION OF *FUSARIUM* FUNGI ISOLATED FROM POTATO TUBERS WITH DRY ROT SYMPTOMS

S.N. Elansky<sup>1,2</sup>, D.N. Skokov<sup>1</sup>, A.A. Tsindeliani<sup>1</sup>, A.S. Elansky<sup>1</sup>, L.Yu. Kokaeva<sup>1,2</sup>,  
M.M. Yarmeeva<sup>2</sup>, N.Sh. Azimova<sup>3,4</sup>, A.V. Nikolaev<sup>5</sup>, E.M. Chudinova<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, e-mail: snelansky@mail.ru

<sup>2</sup>Lomonosov Moscow State University, Moscow

<sup>3</sup>Institute of Fundamental and Applied Research, National Research University TIAME, Tashkent, Uzbekistan

<sup>4</sup>Institute of Microbiology, Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan

<sup>5</sup>Kostroma State Agricultural Academy, Kostroma

**Abstract.** Dry rot is a dangerous disease of potato tubers. Analysis of potato tubers with dry rot symptoms from different regions of Russia, Central Asia and Africa revealed 37 species of the genus *Fusarium* from the complexes *F. incarnatum-equiseti*, *F. fujikuroi*, *F. nisikadoi*, *F. oxysporum*, *F. redolens*, *F. sambucinum*, *F. solani*, *F. tricinctum*. Comparison of the lists of species from Russia and Central Asia showed the presence of common species, while species from Africa had virtually no overlap with species from Russia and Central Asia. Four species (*F. nirenbergiae*, *F. oxysporum*, *F. noneumartii* and *F. solani*) were noted in all three regions.

**Keywords:** fusarium dry rot, potato diseases, potato storage.

Виды рода *Fusarium* способны как к сапротрофному, так и к паразитическому образу жизни. На клубнях картофеля они вызывают опасное заболевание – сухую гниль. В почве заражение происходит, как правило, через повреждения клубня, часто с оторванного при уборке места прикрепления столона или с места обдира кожуры. Во время хранения может наблюдаться интенсивное развитие заболевания, при котором мицелий может переходить и на здоровые клубни. Потери от развития сухой гнили могут достигать высоких значений. В России по данным Хютти и Лазарева [1], ежегодные потери урожая от фузариоза во время вегетации достигают 10%, при хранении – 15%, а при нарушении температурного режима и влажности колеблются в пределах 25-50%. Пораженные сухой гнилью части клубня могут заселяться другими инфекциями, что значительно увеличивает потери.

Фузариумы – группа, крайне сложная для идентификации. Применение молекулярных методов в последние годы позволило выявить более высокое видовое разнообразие *Fusarium* spp., границы ранее описанных

видов также были пересмотрены. Достоверная видовая идентификация требует обязательного применения молекулярных методов. Определение по культурально-морфологическим критериям позволяет провести достоверную идентификацию только до уровня видового комплекса. Видовая принадлежность *Fusarium* spp., приведенная в работах, изданных более 10 лет назад (а в некоторых случаях и более 5 лет назад), требует уточнения и переопределения видов для приведения в соответствие с новой таксономической структурой.

**Цель работы** – изучение видового разнообразия *Fusarium* spp., выделяемых из клубней картофеля с симптомами сухой гнили в разных регионах мира.

**Материалы и методы.** Клубни картофеля (*Solanum tuberosum* L.) отбирали во время уборки и в специализированных картофелехранилищах во время хранения в разных регионах России: Европейская часть (Московская, Костромская, Астраханская, Брянская, Владимирская, Калужская области, Краснодарский край, республики Марий-Эл, Крым), Дальний Восток (республика Якутия, Камчатский край), а также в Центральной Азии (Узбекистан, Кыргызстан, Таджикистан, Казахстан) и в Африке (Мали, Уганда, Эфиопия, Бенин) в период с 2014 по 2025 г. Подробные характеристики некоторых штаммов, проанализированных в данной работе, можно найти в публикациях нашей группы [2-5].

Выделение чистых культур проводили, как описано в работе Еланский и др. [3]. Сохраняли коллекционные изоляты криоконсервацией в 15% водном растворе глицерина при -80°C. Выделение ДНК, проведение ПЦР и секвенирование последовательностей ДНК проводили как описано в работе Ярмеева и др. [5]. Видовую принадлежность выделенных в чистые культуры изолятов определяли с помощью секвенирования участка гена фактора элонгации трансляции 1 $\alpha$  (*tef1 $\alpha$* ) по праймерам EF1 – EF2. Кроме того, для большинства штаммов анализировали последовательности бета-тубулина ( *$\beta$ -tub*) по праймерам Btu-F-F01 – Btu-F-R01, а для трудноопределяемых – интрон второй большой субъединицы РНК-полимеразы (*rpb2*) по праймерам 5F – 7Cr. Микроморфологические признаки изучали при помощи светового микроскопа на увеличении 15-40 $\times$ . Для определения видовой принадлежности полученные последовательности ДНК сравнивали с референтными последовательностями из работ ведущих специалистов по роду *Fusarium* [6-9 и др.], а также из баз Genbank NCBI (с помощью поисковика BLAST) и FUSARIOID-ID (<https://www.fusarium.org/>). Исползованные для определения референтные последовательности гена *tef1 $\alpha$*  приведены в таблице 1. Для филогенетических построений использовали программу MEGA X.

**Результаты и обсуждение.** Виды рода *Fusarium*, обнаруженные при анализе изолятов, выделенных из клубней картофеля с симптомами сухой гнили, приведены в таблице. В таблицу внесены только те виды, определение которых не вызывало сомнений. Как видно из таблицы, всего среди 167 проанализированных штаммов выявлено 37 видов из 8 видовых комплексов, а также 4 не входящих в комплексы вида. Вид *Luteonectria nematophila* (ранее известный как *F. nematophilum*) был выделен из пораженного нематодами клубня. Виды из комплексов FO SC, FS am SC, FS SC, FT r SC встречались в России, Центральной Азии и Африке. Если рассматривать видовой состав, то выявляются значительные различия между списками видов трех сравниваемых территорий (рисунок). Всего 4 вида (*F. nirenbergiae*, *F. oxysporum*, *F. noneumartii* и *F. solani*) были одновременно выявлены в России, Центральной Азии и Африке. Общих видов (кроме 4, выявленных во всех изучаемых регионах) для России и Центральной Азии – 8, для Центральной Азии и



**Диаграмма Венна, отображающая сходство видового состава *Fusarium* в разных регионах (приведено число видов)**



Виды рода *Fusarium*, выделенные из клубней картофеля с симптомами грибного поражения

| Вид                                                         | Комплекс | Референтная последовательность <i>tef 1a</i> | Количество штаммов, выделенных из клубней, выращенных в регионах: |                  |           |
|-------------------------------------------------------------|----------|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|------------------|-----------|
|                                                             |          |                                              | Россия                                                            | Центральная Азия | Африка    |
| <i>Luteonectria nematophila</i> (= <i>F. nematophilum</i> ) | —        | PV369925**                                   | —                                                                 | 1                | —         |
| <i>F. clavum</i>                                            | FIESC*** | MN170462                                     | 1                                                                 | 1                | —         |
| <i>F. compactum</i>                                         | FIESC    | GQ505648                                     | 1                                                                 | —                | —         |
| <i>F. duofalcatissporum</i> *                               | FIESC    | LR583597                                     | —                                                                 | —                | 2         |
| <i>F. incarnatum</i>                                        | FIESC    | MN170477                                     | —                                                                 | —                | 1         |
| <i>F. flagelliforme</i>                                     | FIESC    | GQ505645                                     | —                                                                 | —                | 4         |
| <i>F. annulatum</i>                                         | FFSC     | MW402144                                     | 2                                                                 | 1                | —         |
| <i>F. verticillioides</i>                                   | FFSC     | MW401966                                     | —                                                                 | 2                | —         |
| <i>F. commune</i>                                           | FNESC    | JF740838                                     | 5                                                                 | 1                | —         |
| <i>F. curvatum</i>                                          | FOSC     | MH484967                                     | 1                                                                 | 1                | —         |
| <i>F. glycines</i>                                          | FOSC     | MH484959                                     | —                                                                 | —                | 1         |
| <i>F. nirenbergiae</i>                                      | FOSC     | MH484958<br>MH484955                         | 16                                                                | 10               | 2         |
| <i>F. odoratissimum</i>                                     | FOSC     | MH484969                                     | 1                                                                 | —                | —         |
| <i>F. oxysporum</i>                                         | FOSC     | MH485044                                     | 1                                                                 | 7                | 1         |
| <i>F. sp. 3</i>                                             | FOSC     | MZ921857                                     | 11                                                                | —                | —         |
| <i>F. tardicrescens</i>                                     | FOSC     | MZ921886                                     | —                                                                 | —                | 2         |
| <i>F. triseptatum</i>                                       | FOSC     | MH485015                                     | —                                                                 | —                | 2         |
| <i>F. vanleeuwenii</i>                                      | FOSC     | MZ921892                                     | 2                                                                 | —                | —         |
| <i>F. redolens</i>                                          | FRSC     | MZ921898                                     | 1                                                                 | —                | —         |
| <i>F. asiaticum</i>                                         | FSamSC   | MW233069                                     | —                                                                 | —                | 1         |
| <i>F. culmorum</i>                                          | FSamSC   | KT008433                                     | —                                                                 | —                | 3         |
| <i>F. sambucinum</i>                                        | FSamSC   | OR020724                                     | 13                                                                | 3                | —         |
| <i>F. sporotrichioides</i>                                  | FSamSC   | GQ915514                                     | 6                                                                 | 1                | —         |
| <i>F. transvaalense</i>                                     | FSamSC   | MW233157                                     | —                                                                 | —                | 2         |
| <i>F. bostrycoides</i>                                      | FSSC     | LR583597                                     | —                                                                 | —                | 1         |
| <i>F. falciforme</i>                                        | FSSC     | LR583630                                     | —                                                                 | 1                | 2         |
| <i>F. noneumartii</i>                                       | FSSC     | LR583630                                     | 3                                                                 | 2                | 1         |
| <i>F. solani</i>                                            | FSSC     | LR583652<br>MT305235                         | 7                                                                 | 3                | 2         |
| <i>F. stercicola</i>                                        | FSSC     | LR583658                                     | 3                                                                 | —                | —         |
| <i>F. tonkinense</i>                                        | FSSC     | LT906672                                     | —                                                                 | —                | 2         |
| <i>F. vanettenii</i>                                        | FSSC     | LR583636                                     | 1                                                                 | 1                | —         |
| <i>F. acuminatum</i>                                        | FTrSC    | MW620115                                     | —                                                                 | 2                | —         |
| <i>F. avenaceum</i>                                         | FTrSC    | MZ078977<br>MW370283                         | 16                                                                | —                | —         |
| <i>F. flocciferum</i>                                       | FTrSC    | JX397824                                     | —                                                                 | —                | 1         |
| <i>F. caeruleum</i>                                         | —        | LR583590                                     | 2                                                                 | —                | —         |
| <i>F. merismoides</i>                                       | —        | AB674276                                     | 1                                                                 | —                | —         |
| <i>F. torulosum</i>                                         | —        | JF740840                                     | 6                                                                 | —                | —         |
| <b>Всего штаммов</b>                                        |          |                                              | <b>100</b>                                                        | <b>37</b>        | <b>30</b> |
| <b>Всего видов</b>                                          |          |                                              | <b>21</b>                                                         | <b>15</b>        | <b>17</b> |

\* – жирным шрифтом отмечены штаммы, впервые выделенные с клубней картофеля;

\*\* – номер депонирования в Genbank NCBI;

\*\*\* – FIESC – *F. incarnatum-equiseti* SC, FFSC – *F. fujikuroi* SC, FNESC – *F. nisikadoi* SC, FOSC – *F. oxysporum* SC, FRSC – *F. redolens* SC, FSamSC – *F. sambucinum* SC, FSSC – *F. solani* SC, FTrSC – *F. triseptatum* SC.

Африки – 1, для России и Африки – ни одного. В целом, сходство видового состава в европейской и дальневосточной частях России, в России и в Центральной Азии достаточно высокое, однако африканские виды существуют более обособленно.

В нашей работе при анализе клубней из разных регионов выявлены 37 видов рода *Fusarium*. Впервые из клубней картофеля были выделены 12 видов: *F. duofalcatissporum*, *F. flagelliforme*, *F. annulatum*, *F. cugenangense*, *F. curvatum*, *F. glycines*, *F. odoratissimum*, *F. tardicrescens*, *F. transvaalense*, *F. triseptatum*, *F. vanleeuwenii*, *F. bostrycoides*. Сведений об их выделении с картофеля ранее нам найти не удалось. Штаммы

всех проанализированных штаммов *Fusarium* spp. в пробах на ломтиках клубней картофеля показали способность к колонизации тканей. Вид *Luteonectria nematophila* не показал патогенности к клубню картофеля.

В США, Иране, ЮАР, России и Кыргызстане в дополнение к идентифицированным нами были обнаружены 12 видов рода *Fusarium*: *F. acuminatum*, *F. amblysporum*, *F. brachygibbosum*, *F. cerealis*, *F. equiseti*, *F. flocciferum*, *F. graminearum*, *F. nygamai*, *F. proliferatum*, *F. thapsinum*, *F. seculiforme*, *F. venenatum* [7, 9, 10, 11, 12]. Однако определение некоторых из этих видов нуждается в перепроверке.

**Заключение.** Результаты проделанной работы показывают, что анализ последовательностей участков ДНК позволяет достаточно надежно диагностировать большинство видов рода *Fusarium*. Новые знания о видовом составе фитопатогенов и их биологических особенностях позволят уточнить системы защитных мероприятий, размещение культур в севооборотах, прогнозы развития заболеваний и, в целом, увеличить урожайность и рентабельность производства, повысить качество продукции.

#### **Заявление о конфликте интересов**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### **Финансирование**

Исследование выполнено при частичной поддержке Российского Научного Фонда (грант № 23-16-00048).

#### **Литература**

1. Хютти А.В., Лазарев А.М. Фузариоз картофеля – причина потерь // Сельскохозяйственные Вести, 2019, Т. 118(3). – С. 60-61.
2. Elansky A.S., Mislavskiy S.M., Chudinova E.M. et al. *Fusarium* species affecting potato tubers and tomato fruits in Uganda // Микология и фитопатология, 2024, V. 58(2). – P. 163-174.
3. Еланский А.С., Симбо Д., Еланский С.Н. и др. Грибы, ассоциированные с растениями картофеля и томата с симптомами грибных болезней в республике Мали // Микология и фитопатология, 2025, Т. 59(5). – С. 416-426.
4. Скоков Д.Н., Цинделиани А.А., Хасбиуллина О.И. и др. Микобиота клубней картофеля, выращенных в Камчатском крае // Микология и фитопатология, 2025, Т. 59(4). – С. 343-351.
5. Ярмеева М.М., Чудинова Е.М., Еланская А.С. и др. Грибы рода *Fusarium* на растениях томата в России // Микология и фитопатология, 2025, Т. 59(2). – С. 169-180.
6. Lombard L., Sandoval-Denis M., Lamprecht S.C. et al. Epitypification of *Fusarium oxysporum* – clearing the taxonomic chaos // Persoonia, 2019, V. 43. – P. 1-47.
7. Gavrilova O., Orina A., Trubin I., Gagkaeva T. Identification and pathogenicity of *Fusarium* fungi associated with dry rot of potato tubers // Microorganisms, 2024, V. 12(3). Art. 598.
8. Xia J.W., Sandoval-Denis M., Crous P.W. et al. Numbers to names – restyling the *Fusarium incarnatum-equiseti* species complex // Persoonia, 2019, V. 43. – P. 186-221.
9. Sandoval-Denis M., Costa M.M. et al. An integrative re-evaluation of the *Fusarium sambucinum* species complex // Studies in Mycology, 2024, V. 110. – P. 1-110.
10. Mamaghani N.A., Masiello M., Somma S. et al. Endophytic *Alternaria* and *Fusarium* species associated to potato plants (*Solanum tuberosum* L.) in Iran and their capability to produce regulated and emerging mycotoxins // Heliyon, 2024, V. 10(5). Art. e26385
11. Christian C.L., Rosnow J., Woodhall J.W. et al. Pathogenicity of *Fusarium* species associated with potato dry rot in the Pacific Northwest of the United States // Plant Disease, 2025, V. 109(5). – P. 1091-1101. <https://doi.org/10.1094/PDIS-10-24-2136-RE>
12. Muratali D., Derviş S., Özer G. et al. Molecular and pathogenic characterization of *Fusarium* species associated with dry rot in stored potatoes in Kyrgyzstan // Potato Research, 2025. <https://doi.org/10.1007/s11540-025-09872-y>

## ПЕРЕКРЕСТНАЯ ПАТОГЕННОСТЬ ГРИБОВ *FUSARIUM*, ВЫДЕЛЕННЫХ С КУЛЬТУР СЕМЕЙСТВА ALLIACEAE

И.А. Енгальчева, С.А. Ветрова, В.К. Чижик, Т.М. Середин

ФНЦ овощеводства, ВНИИССОК, Московская область, e-mail: engirina1980@mail.ru

**Аннотация.** В литературе нет данных о перекрестной патогенности видов *Fusarium* в отношении представителей семейства *Alliaceae*. Впервые продемонстрирована высокая агрессивность идентифицированных видов *F. annulatum* (FFSC) и *F. nirenbergiae* (FOSC) в отношении чеснока озимого. Установлена статистически значимая агрессивность вида *F. annulatum*, выделенного из лука, в отношении чеснока озимого и видов *F. nirenbergiae*, *F. oxysporum*, *F. proliferatum* и *F. annulatum*, выделенных из чеснока, в отношении лука репчатого.

**Ключевые слова:** чеснок озимый, лук репчатый, *Fusarium*, фузариозная гниль, идентификация, перекрестная патогенность.

### CROSS-PATHOGENICITY OF *FUSARIUM* FUNGI ISOLATED FROM CULTURES OF THE ALLIACEAE FAMILY

I.A. Engalycheva, S.A. Vetrova, V.K. Chizhik, T.M. Seredin

Federal Scientific Vegetable Center, VNISSOK, Moscow region, Russia

Responsible co-author: I.A. Engalycheva, e-mail: engirina1980@mail.ru

**Abstract.** There is no data in the literature on the cross-pathogenicity of *Fusarium* species in relation to representatives of the *Alliaceae* family. For the first time, the high aggressiveness of the identified *F. annulatum* (FFSC) and *F. nirenbergiae* (FOSC) species against winter garlic has been promoted. A statistically significant aggressiveness of the *F. annulatum* species isolated from onions against winter garlic and *F. nirenbergiae*, *F. oxysporum*, *F. proliferatum* and *F. annulatum* species isolated from garlic against onions has been established.

**Keywords:** garlic, onion, *Fusarium*, *Fusarium* rot, identification, cross-pathogenicity.

**Введение.** Широкий спектр хозяев грибов рода *Fusarium* и наносимый ущерб делают их пятыми по экономической значимости на сельскохозяйственных культурах [1]. Разновидности *Fusarium* классифицируются на *formae speciales* (f. sp.) в зависимости от ареала их обитания и специализации в отношении растений-хозяев [2]. Большинство работ, ориентированных на изучение перекрестной специализации данных грибов, базируются на наиболее распространенном виде *F. oxysporum* [3]. Так, авторы сообщают о способности *F. oxysporum* f. sp. *betae* поражать сахарную свеклу и лук [3], *F. oxysporum* f. sp. *melongenae* – дыню и баклажан, *F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum* – арбуз и мускусную дыню [4, 5]. Но в литературе не встречаются данные о перекрестной патогенности актуальных вредоносных видов *Fusarium* в отношении представителей семейства *Alliaceae*.

**Цель исследования** – идентификация грибов рода *Fusarium*, участвующих в патоконплексе фузариозной гнили чеснока озимого, и изучение их перекрестной патогенности в отношении культур семейства *Alliaceae*.

**Материалы и методы.** В исследования включили шесть изолятов *Fusarium*, выделенных в Московской области с пораженных лукович чеснока озимого (*Allium sativum* L.) и лука репчатого (*Allium cepa* L.) (табл. 1). Из них четыре вида выделены с чеснока (два аборигенных изолята F-M-As-14-4 и F-M-As-16-3 и два коллекционных штамма *F. oxysporum* и *F. proliferatum*) и два вида *F. acuminatum* и *F. annulatum* выделены с лука [6, 7]. Идентификацию изолятов проводили по макро- и микроморфологическим характеристикам колоний; с использованием анализа нуклеотидных последовательностей генов *TEF-1a*, *rpb2* и двух локусов *ITS 1.4* и *ITS 4.5* [8].

Видовую принадлежность определяли в GenBank NCBI и базе данных FUSARIOID-ID. На основании выровненных последовательностей были построены дендрограммы по каждому из праймеров в программе MEGA12 (<https://www.megasoftware.net/>). Тест на кросс-патогенность проводили путем инокуляции споровой суспензией целых лукович трех образцов лука репчатого (10/22, 11/22 и 19/22) и зубков четырех образцов чеснока (Стрелец, Сармат, Ч-11-25 и Ч-12-25) в пятикратной повторности. Стандарт устойчивости



# 1. Изоляты *Fusarium*, выделенные с растений чеснока озимого и лука репчатого в условиях Московской области

| Порядковый номер | Вид растения          | Шифр изолята  | Год изоляции | Вид                    |
|------------------|-----------------------|---------------|--------------|------------------------|
| Ч-1              | <i>Allium sativum</i> | F-M-As-14-4   | 2024         | <i>F. nirenbergiae</i> |
| Ч-2*             | <i>Allium sativum</i> | [6]           | 2021         | <i>F. oxysporum</i>    |
| Ч-3*             | <i>Allium sativum</i> | [6]           | 2021         | <i>F. proliferatum</i> |
| Ч-4              | <i>Allium sativum</i> | F-M-As-16-3   | 2024         | <i>F. annulatum</i>    |
| Л-5              | <i>Allium cepa</i>    | F-A-23-19 [7] | 2023         | <i>F. acuminatum</i>   |
| Л-8              | <i>Allium cepa</i>    | F-A-23-25 [7] | 2023         | <i>F. annulatum</i>    |

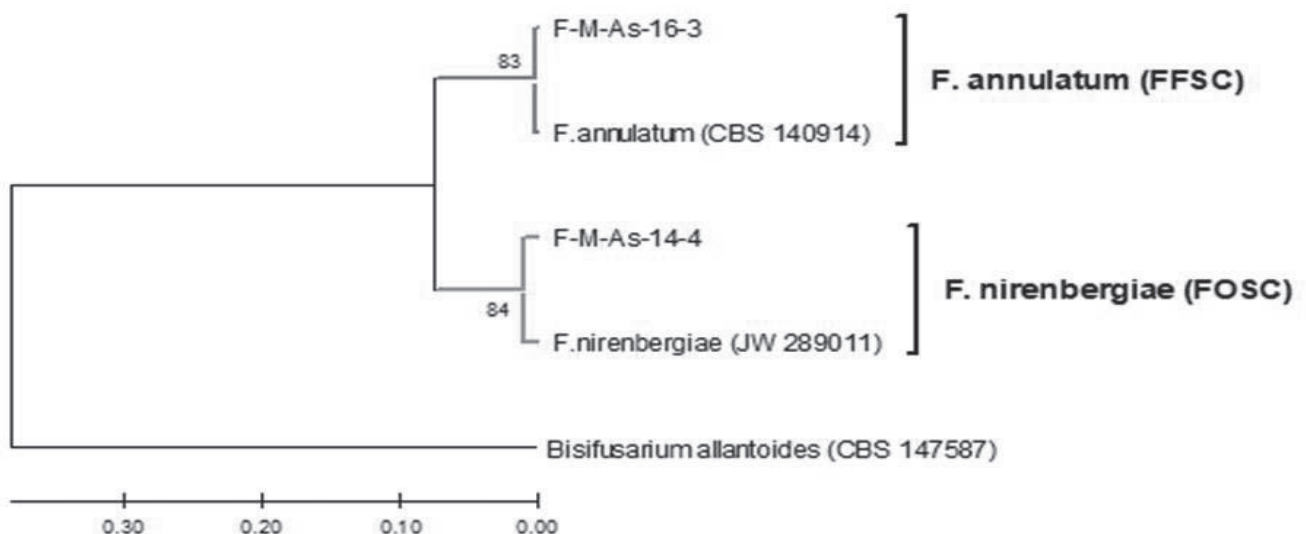
\* коллекционные штаммы *F. oxysporum* и *F. proliferatum*, предоставленные Филюшиным М.А.

(St R) чеснока у фузариозной гнили – сорт Кармат, стандарт восприимчивости (St S) – Стрелец. Контроль – стерильная вода. Степень поражения учитывали на седьмые сутки по объему зоны поражения ( $V_a$ , см<sup>3</sup>) по формуле объема цилиндра. Изоляты по степени агрессивности дифференцировали на группы: слабоагрессивные:  $V_a = 1-160$  мм<sup>3</sup>; умеренноагрессивные:  $V_a = 161-250$  мм<sup>3</sup>; высокоагрессивные:  $V_a \geq 251$  мм<sup>3</sup>. Анализ экспериментальных данных и статистическую оценку выполняли в Microsoft Excel 2010 и Statistica 10.0.

**Результаты и обсуждение.** В проведенном исследовании идентифицированы изоляты, выделенные в 2024 г. с пораженных фузариозной гнилью лукович чеснока: изолят F-M-As-16-3 кластеризуется с референсной последовательностью вида *F. annulatum*, а изолят F-M-As-14-4 - с референсной последовательностью вида *F. nirenbergiae* (рисунок).

Анализ перекрестной патогенности различных видов *Fusarium*, выделенных с чеснока и лука, в отношении данных культур показал влияние на исход заражения как вида гриба, так и сортоспецифичность. Была установлена достоверно высокая агрессивность большинства анализируемых видов ( $p \leq 0,05$ ) по отношению как к растениям-хозяевам, так и перекрестным видам – разница в величине эффекта. На чесноке наибольшей агрессивностью обладали виды *F. nirenbergiae* (Ч1) и *F. annulatum* (Ч4), выделенные с чеснока и вид *F. annulatum* (Л-8), выделенный с лука ( $V_a = 1121-2430$  мм<sup>3</sup>) (табл. 2). Только при поражении видом *F. acuminatum* (Л-5), выделенным с лука, симптомы на изученных сортах чеснока значимо не отличались от растений контрольной группы. Сорт Кармат (St R), показавший наибольшую устойчивость к большинству анализируемых видов, поразили в сильной степени только луковым видом *F. annulatum* (Л-8). Наиболее восприимчивым ко всем видам оказался образец чеснока Ч-12-25 ( $V_a = 1120,3-3382,5$  мм<sup>3</sup>).

При оценке перекрестной патогенности видов *Fusarium* на сортах лука отмечена подобная тенденция, что и на чесноке озимом (табл. 3). Выявлена достоверно высокая агрессивность всех анализируемых видов ( $p \leq 0,05$ ) по отношению ко всем включенным в исследование сортам лука –  $V_a = 1058,7-2799,5$  мм<sup>3</sup>. При этом наибольшей агрессивностью отличались виды *Fusarium*, выделенные с чеснока.



**Филогенетический анализ изолятов грибов рода *Fusarium*, выполненный на основе полученных нуклеотидных последовательностей генов *tef1* и *rpb2*. Дендрограмма построена с помощью программы Mega 12 методом UPGMA, бутстреп 1000. Последовательность локуса *tef1* *Bisifusarium allantoides* выбрана в качестве аутгруппы**

## 2. Перекрестная патогенность *Fusarium* в отношении различных образцов чеснока озимого

| Изолят<br><i>Fusarium</i>                                                                                                                                                                                                                                      | Вид                    | Средний объем зоны поражения |              |               |            | Среднее по<br>изолятам |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|------------------------------|--------------|---------------|------------|------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                |                        | Сорт чеснока озимого         |              |               |            |                        |
|                                                                                                                                                                                                                                                                |                        | Ч-11-25                      | Сармат (StR) | Стрелец (StS) | Ч-12-25    |                        |
| Контроль                                                                                                                                                                                                                                                       |                        | 0aW                          | 0 aW         | 0 aW          | 0 aW       | 0 aW                   |
| Ч-1                                                                                                                                                                                                                                                            | <i>F. nirenberge</i>   | 1060,3 bX                    | 0 aW         | 2038 bY       | 2359,4 bY  | <b>1340 c</b>          |
| Ч-2                                                                                                                                                                                                                                                            | <i>F. oxysporum</i>    | 1064,2 bX                    | 0 aW         | 10,1 aW       | 1429,4 bXY | 626 b                  |
| Ч-3                                                                                                                                                                                                                                                            | <i>F. proliferatum</i> | 1276,1 cX                    | 0 aW         | 739,1 bX      | 1120,3 cXY | 784 b                  |
| Ч-4                                                                                                                                                                                                                                                            | <i>F. annulatum</i>    | 1920,2 cY                    | 0 aW         | 739,1 bX      | 1825,3 cY  | <b>1121 bc</b>         |
| Л-5                                                                                                                                                                                                                                                            | <i>F. acuminatum</i>   | 0 aW                         | 43,4 aW      | 0 aW          | 196,4 bW   | 60 a                   |
| Л-8                                                                                                                                                                                                                                                            | <i>F. annulatum</i>    | 2592,4 bZ                    | 1920,2 bX    | 1825,3 bY     | 3382,5 cZ  | <b>2430 d</b>          |
| Среднее по сортам                                                                                                                                                                                                                                              |                        | 1318,9 Y                     | 327,3 W      | 892,0 WX      | 1718,9 Z   |                        |
| * Значения одинаковой строчной буквой в столбцах a-d (значение параметра у различных видов <i>Fusarium</i> ) и с одинаковой заглавной буквой в строках W-Z (значение параметра для сорта) достоверно не различаются с вероятностью 95% согласно тесту Дункана. |                        |                              |              |               |            |                        |

## 3. Перекрестная патогенность *Fusarium* в отношении различных образцов лука репчатого

| Изолят<br><i>Fusarium</i> | Вид                    | Средний объем зоны поражения |             |           |                        |
|---------------------------|------------------------|------------------------------|-------------|-----------|------------------------|
|                           |                        | сортообразец лука репчатого  |             |           | среднее<br>по изолятам |
|                           |                        | 10/22                        | 11/22       | 19/22     |                        |
| Контроль                  |                        | 0aW                          | 0aW         | 0aW       | 0aW                    |
| Ч-1                       | <i>F. nirenburgiae</i> | 274,7 bX                     | 2292,5 cXYZ | 2832,6 cY | 1800,0 cd              |
| Ч-2*                      | <i>F. oxysporum</i>    | 3164,7 cY                    | 4058,8 cZ   | 1175,1 bX | <b>2799,5 d</b>        |
| Ч-3*                      | <i>F. proliferatum</i> | 2936,2 cY                    | 2077,1 bcX  | 3023,0 cY | <b>2678,8 d</b>        |
| Ч-4                       | <i>F. annulatum</i>    | 890,1 bX                     | 3247,9 cXYZ | 2899,7 cY | <b>2345,9 cd</b>       |
| Л-5                       | <i>F. acuminatum</i>   | 904,3 bX                     | 952,9 bX    | 1318,8 cX | 1058,7 bc              |
| Л-8                       | <i>F. annulatum</i>    | 76,7 aW                      | 3581 cXYZ   | 1621,5 bX | 1814 cd                |
| Среднее по сортам         |                        | 1374,5                       | 2701,7      | 2145,2    |                        |

**Закключение.** В наших исследованиях впервые продемонстрирована высокая агрессивность идентифицированных видов *F. annulatum* (FFSC) и *F. nirenbergiae* (FOSC) в отношении чеснока озимого. Шесть видов грибов *Fusarium*, выделенных в разные годы с чеснока озимого и лука репчатого, перекрестно протестированы на данных культурах. Установлена статистически значимая высокая агрессивность лукового изолята *F. annulatum* (Л-8) к анализируемым сортам чеснока, а также чесночных изолятов *F. nirenbergiae*, *F. oxysporum*, *F. proliferatum* и *F. annulatum* – ко всем изученным сортам лука.

### Заявление о конфликте интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### Финансирование

Исследования выполнены по Государственному заданию FGGF-2025-0003.

### Литература

- Dean R., Van Kan, J. A., Pretorius Z. A. et al. The top 10 fungal pathogens in molecular plant pathology // Molecular Plant Pathology, 2012, V. 13. – P.414-430. <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2011.00783.x>
- O'Donnell K., Gueidan C., Sink S. et al. A twolocus DNA sequence database for typing plant and human pathogens within the *Fusarium oxysporum* species complex // Fungal Genetics and Biology, 2009, V. 46. – P.936-948. <https://doi.org/10.1016/j.fgb.2009.08.006>
- Webb K. M., Case A. J., Brick M. A. et al. Cross pathogenicity and vegetative compatibility of *Fusarium oxysporum* isolated from sugar beet // Plant Disease, 2013, V. 97. – P. 1200-1206. <https://doi.org/10.1094/PDIS-11-12-1051-RE>
- Jangir P., Mehra N., Sharma K. et al. Secreted in Xylem Genes: Drivers of Host Adaptation in *Fusarium oxysporum* // Front. Plant Sci., 2021, V. 97. – P.125-138. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.628611>
- López-Orona C.A., Hernández-Verdugo S., Velarde-Félix S. et al. Cross pathogenicity of *Fusarium oxysporum* isolated from peppers // Eur J Plant Pathol, 2019, V. 154. – P. 1111-1123. <https://doi.org/10.1007/s10658-019-01732-z>
- Anisimova O. K., Shchennikova A. V., Kochieva E. Z. et al. Pathogenesis- related genes of pr1, pr2, pr4 and pr5 families are involved in the response to fusarium infection in garlic (*Allium sativum* L.) // International Journal of Molecular Sciences, 2021, V. 22. – P.138-174. <https://doi.org/10.3390/ijms22136688>
- Vetrova S., Alyokhina K., Engalycheva I. et al. Identification and Pathogenicity of *Fusarium* Species Associated with Onion Basal Rot in the Moscow Region of Russian Federation // J. Fungi, 2024, V. 10. <https://doi.org/10.3390/jof10050331>
- Crous P.W., Lombard L., Sandoval-Denis M. et al. *Fusarium*: more than a node or a foot-shaped basal cell // Studies in mycology, 2021, T. 98. – C. 100116. <https://doi.org/10.1016/j.simyco.2021.100116>

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ НАНОБИОПРЕПАРАТОВ НА ОСНОВЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ЗАЩИТЕ КАРТОФЕЛЯ ОТ БОЛЕЗНЕЙ

В.Н. Зейрук<sup>1</sup>, М.К. Деревягина<sup>1</sup>, С.В. Васильева<sup>1</sup>, Г.Л. Белов<sup>1</sup>,  
В.С. Каплин<sup>2</sup>, О.А. Богословская<sup>2</sup>, Н.Н. Глущенко<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФИЦ картофеля имени А. Г. Лорха, Московская область

<sup>2</sup>ФИЦ химической физики им. Н.Н. Семенова РАН, Москва, e-mail: nnglu@mail.ru

**Аннотация.** В работе представлены результаты предпосадочной обработки клубней с использованием композиции наночастиц (НЧ) микроэлементов ( $\text{Cu } 10^{-9} : \text{B } 10^{-6} : \text{Mo } 10^{-7} : \text{Mg } 10^{-6}$ ) масс. %, интегрированных в полимерную матрицу на основе Na-карбоксиметилцеллюлозы/полиэтиленгликоля-400. В лабораторных условиях изучено влияние НЧ на количество побегов, длину и массу ростков клубней, что позволило определить оптимальные концентрации для полевых испытаний. В производственных опытах установлено, что предпосевная обработка клубней нанобиопрепаратом снижает распространенность *Alternaria solani* на 30%, степень поражения – на 45,9% по сравнению с контролем. Заболеваемость *Rhizoctonia solani* уменьшается в 2 раза. Применение нанобиопрепарата для обработки посадочного материала повышает общую урожайность на 3,3%, выход стандартных клубней на 1,47%, долю здоровых клубней на 5,4%, снижает количество больных клубней до 1,2%. При этом сохраняются потребительские качества картофеля. Полученные результаты демонстрируют перспективность использования нанотехнологий в картофелеводстве для повышения урожайности и фитосанитарной устойчивости картофеля.

**Ключевые слова:** *Alternaria solani* Sorauer; *Rhizoctonia solani* Kühn, наночастицы меди, наночастицы молибдена, наночастицы магния, наночастицы бора, продуктивность картофеля, качество картофеля.

## EFFICACY OF MICROELEMENT-BASED NANOBIOPREPARATIONS IN POTATO DISEASE CONTROL

V.N. Zeyruk<sup>1</sup>, M.K. Derevyagina<sup>1</sup>, S.V. Vasilyeva<sup>1</sup>, G.L. Belov<sup>1</sup>,  
V.S. Kaplin<sup>2</sup>, O.A. Bogoslovskaya<sup>2</sup>, N.N. Glushchenko<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Federal Research Center for Potato, Moscow region

<sup>2</sup>N.N. Semenov Federal Research Center for Chemical Physics, Russian Academy of Sciences, Moscow, e-mail: nnglu@mail.ru

**Abstract.** The study presents the results of pre-planting tuber treatment using nanoparticles (NPs) of trace elements ( $\text{Cu } 10^{-9} : \text{B } 10^{-6} : \text{Mo } 10^{-7} : \text{Mg } 10^{-6}$ ) wt.% integrated into a polymer matrix based on sodium carboxymethylcellulose and polyethylene glycol-400. Under laboratory conditions, the influence of NPs on the number of shoots, length, and mass of tuber sprouts was studied, allowing the determination of optimal concentrations for field trials. In production experiments, it was found that pre-sowing treatment of tubers with nanobiopreparation reduces the prevalence of *Alternaria solani* by 30%, the degree of damage – by 45.9% times compared to the control. The incidence of *Rhizoctonia solani* decreases by 2 times. The use of nanobiopreparation for treating planting material increases the overall yield by 3.3%, the yield of standard tubers by 1.47%, the proportion of healthy tubers by 5.4%, and reduces the number of diseased tubers to 1.2%. At the same time, consumer qualities of potatoes are preserved. The obtained results demonstrate the prospects of using nanotechnology in potato growing to increase the yield and phytosanitary resistance of potatoes.

**Keywords:** *Alternaria solani* Sorauer, *Rhizoctonia solani* Kühn, nanoparticles of copper, nanoparticles of molybdenum, nanoparticles of magnesium, nanoparticles of boron, potato yield, potato quality.

**Введение.** Россия занимает третье место в мире по валовому производству картофеля (15% от мирового объема), однако средняя урожайность (19,2 т/га, Росстат 2021) в 2,0-2,5 раза ниже показателей стран-лидеров (Нидерланды, Германия, США) [1]. Такой разрыв обусловлен комплексом факторов, в том числе, недостаточная защита от патогенов, дефицит минерального питания (особенно микроэлементов) и др. В



российском картофелеводстве насчитывается около 30 особо распространенных и ежегодно вредоносных болезней и вредителей, потери урожая от которых составляют в отдельные годы 30-50%. *Alternaria solani* Sorauer – широко распространенное заболевание. Средний недобор урожая от альтернариоза составляет по России 5% от потенциального урожая картофеля. Особенно вредоносно заболевание в сухие и жаркие годы в Прибайкалье, на Дальнем Востоке, где потери могут достигать 40-50%. В отдельные годы пораженность растений отдельных сортов картофеля альтернариозом достигает 100%, а урожайность снижается до 50%. *Rhizoctonia solani* Kühn – опасное грибное заболевание, поражающее корни, корнеплоды и основания стеблей, вызывая гниль и гибель ростков. При сильном заражении и благоприятных для развития гриба условиях потери урожая картофеля и корнеплодов могут достигать 20-40%, а в отдельных случаях и больше. Поражение ризоктониозом особенно усиливается в холодную и дождливую погоду [2]. Получение высоких урожаев картофеля возможно только при применении биотехнологических средств защиты: фунгициды, гербициды, инсектициды и т.д. Это создает полную зависимость картофелеводства от использования пестицидов, против применения которых все чаще выступают ученые разных стран. Поэтому во всем мире ведется поиск альтернативных или взаимодополняющих методов защиты картофеля от заболеваний. Одним из таких путей является использование достижений нанотехнологий, которые широко применяются в различных областях науки и техники, а использование их в сельском хозяйстве позволяет осуществлять защиту растений от различных заболеваний [3, 4]. Современные исследования демонстрируют перспективность наночастиц микроэлементов, обладающих принципиальными преимуществами перед традиционными солями. Это – на порядок меньшая фитотоксичность (в 7-50 раз), пролонгированное и полифункциональное действие, усиленная биодоступность за счет наноразмерных эффектов, синергизм с биополимерами (например, с полисахаридами) [5]. В представленном исследовании внимание уделено четырем ключевым микроэлементам: меди, бору, молибдену, магнию. Известно, что Cu критична для клубнеобразования и фитопатогенной устойчивости картофеля, элемент В активно регулирует углеводный обмен и транспорт кальция, Мо обеспечивает азотный метаболизм растения, Mg является центральным элементом функционирования фотосинтетического аппарата [3, 6]. Особое значение в системе выращивания растения картофеля имеет комплекс мер по подготовке клубней к посадке, направленных на оптимизацию стартового питания, повышения полевой всхожести, ускорение ростовых процессов, снижение инфекционного фона и, в конечном счете, на получение более высоких урожаев.

**Цель работы** – комплексная оценка эффективности наноконкомпозита Cu:V:Mo:Mg в полимерной матрице (Na-КМЦ/ПЭГ-400) для стимуляции ростовых процессов, контроля фитопатогенов (*Alternaria* spp., *R. solani*), повышения продуктивности и качества клубней.

**Материалы и методы.** Исследования проводили на картофеле (*Solanum tuberosum* L.) сорта Санта. Наночастицы меди, бора, молибдена, магния были приготовлены методом высокотемпературной конденсации [6].

Для предпосадочной обработки клубней картофеля использовали полимерную композицию на основе Na-карбоксиметилцеллюлозы и ПЭГ-400 с добавлением Na-ЭДТА, родамина 6G (маркер) и ультразвуковой суспензии наночастиц (режим: 44 кГц, 0,5 А, 3 цикла по 30 с при охлаждении). Обработку проводили из расчета 10 л/т.

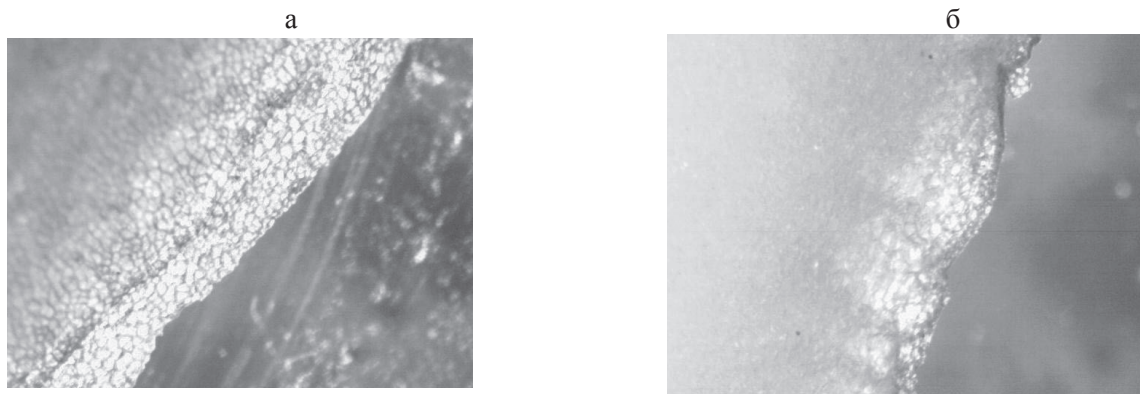
Полевые испытания выполнены на подзолистых почвах (ВНИИКС, Московская обл.) по рандомизированной схеме: 4 контрольных и 4 опытных делянки по 25 м<sup>2</sup> каждая (густота посадки 400 растений/100 м<sup>2</sup>). Учет проводили на 100 растениях в повторности.

Исследования проведены в соответствии с «Методикой исследований по культуре картофеля» (1967) ГОСТ 33996-2016. Органолептическая оценка включала анализ визуальных, вкусовых и обонятельных характеристик [8].

Результаты экспериментов обрабатывали с помощью программы ANOVA и Statistica-2.0. Статистически значимыми считали результаты при  $p \leq 0,05$ .

Используемые наночастицы (НЧ) Cu, В, Мо, Mg представляют собой монокристаллические структуры сферической формы с оксидной пленкой на поверхности, которая формировалась в результате пассивации частиц воздухом для снижения пирофорности частиц [7]. Средний диаметр Cu НЧ составляет  $65,0 \pm 1,2$  нм, Мо НЧ –  $70,0 \pm 2,1$  нм, В НЧ –  $134,0 \pm 5,4$  нм, Mg НЧ –  $193 \pm 12$  нм. Фазовый состав НЧ следующий: Cu НЧ содержали только металлическую фазу; НЧ Мо включали металлическую фазу –  $64,0 \pm 4,2\%$  и карбид димолибдена –  $36,0 \pm 2,9\%$ ; НЧ аморфного бора содержали  $\text{B}_2\text{O}_3$  –  $90,1\%$  и  $\text{B}_2\text{O}$  –  $9,9\%$ ; Mg НЧ включали металлическую фазу  $79,0 \pm 5,4\%$  и магния оксид (MgO) –  $21,0 \pm 1,3\%$ .

Синтезированные нанопорошки использовали для приготовления нанобиопрепарата для предпосевной обработки клубней картофеля. После обработки препаратом на поверхности клубня формируется полимерная пленка с НЧ, толщиной не более 10 мкм (рисунок).



Фотография срезов клубней картофеля без покрытия (а) и с покрытием из полимеров с наночастицами (б) (увеличение  $\times 50$ )

**Результаты.** Лабораторные испытания предпосевной обработки клубней биопрепаратами с наночастицами в составе полимеров показали максимальную стимуляцию числа проростков: +42,9% ( $\text{Cu } 10^{-7}$  :  $\text{Mo } 10^{-8}$ ) масс. %; длины проростков +56,4% ( $\text{B } 10^{-4}$  масс. %), +48,8% ( $\text{Mg } 10^{-8}$  масс. %); массы проростков +95,4% ( $\text{Cu } 10^{-9}$  масс. %). Полимерная пленка без НЧ усиливает прорастание клубней (+18%) и длину проростков (+45%) по сравнению с контролем.

Обработка клубней картофеля нанобиопрепаратом снижает распространенность и степень поражения растений альтернариозом на 30,0 и 45,8% соответственно (по сравнению с контролем). Распространенность ризоктониоза снижалась на 50%.

Применение нанобиопрепарата для обработки посадочного материала повышает общую урожайность картофеля на 3,3%, выход стандартных клубней на 1,47%, долю здоровых клубней на 5,4%, снижает количество больных клубней до 1,2% (таблица). Предпосадочная обработка клубней нанобиопрепаратами сохраняет потребительские свойства картофеля: индекс качества  $\geq 4$  (на уровне контроля), вкус очень хороший, запах приятный, отсутствие потемнения мякоти после варки.

#### Влияние предпосевной обработки клубней биопрепаратом с нанокompозитом ( $\text{Cu } 10^{-9}$ : $\text{B } 10^{-6}$ : $\text{Mo } 10^{-7}$ : $\text{Mg } 10^{-6}$ ) масс. % на продуктивность растений картофеля и качество урожая

| Группы   | Урожайность*           |                         | Фракционный состав*, %   |                          |                                                           |
|----------|------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------------------------------------|
|          | всего                  | в т.ч. товарных клубней |                          |                          |                                                           |
|          | т/га                   | т/га                    | 30-60 мм                 | > 60 мм                  | < 30 мм                                                   |
| Контроль | 15,1 <sup>a</sup> ±0,7 | 13,6 <sup>a</sup> ±0,6  | 10,4 <sup>a</sup> ±0,3   | 80,0 <sup>cd</sup> ±14,7 | 9,6 <sup>d</sup> ±2,4                                     |
| Препарат | 15,6 <sup>a</sup> ±0,5 | 13,8 <sup>a</sup> ±0,5  | 79,0 <sup>cd</sup> ±11,4 | 80,7 <sup>cd</sup> ±13,6 | 11,4 <sup>dc</sup> ±2,0                                   |
| Группы   | Больных клубней, %     |                         |                          |                          | Урожайность стандартного картофеля товарной фракции, т/га |
|          | все клубни             | ризоктониозом           | сухой гнилью             | паршой обыкновенной      |                                                           |
| Контроль | 9,3 <sup>a</sup>       | 0,3                     | 3,5 <sup>b</sup>         | 1,3                      | 12,9 <sup>ab</sup> ±0,9                                   |
| Препарат | 1,2 <sup>cd</sup>      | 0                       | 1,2 <sup>bc</sup>        | 0                        | 13,6 <sup>ab</sup> ±1,3                                   |

\* Средние значения (М) и стандартные ошибки среднего ( $\pm$  SEM). Значения в одном столбце, за которыми следует одна и та же буква, достоверно не отличаются друг от друга при  $p \leq 0,05$ .

**Обсуждение.** Проведенные исследования демонстрируют высокую эффективность предпосадочной обработки клубней картофеля композитными нанобиопрепаратами на основе полимеров, содержащими наночастицы микроэлементов (Cu, B, Mo, Mg).

Ключевым фактором, определяющим биологическую активность и безопасность применяемых наноматериалов, являются их физико-химические характеристики. Используемые НЧ представляют собой монокристаллические сферы с пассивированной поверхностью, что, как следует из литературы [7], критически важно для снижения их реакционной способности и пирофорности, обеспечивая тем самым технологичность и безопасность работы с ними. Вариативность фазового состава НЧ – от чистой металлической фазы (Cu) до сложных композиций (Mo, B, Mg) – позволяет целенаправленно влиять на различные аспекты физиологии растения. В частности, присутствие в Mo НЧ карбидной фазы, а в B НЧ и Mg НЧ – оксидных соединений может модулировать кинетику высвобождения ионов и их биодоступность для растения,

обеспечивая пролонгированное действие. Результаты лабораторных испытаний выявили выраженный стимулирующий эффект нанобиопрепаратов на прорастивание клубней. Наибольшая стимуляция числа проростков наблюдалась при применении композиции Cu + Mo, в то время как длина и масса проростков максимально увеличивались под действием В НЧ и Mg НЧ соответственно. Примечательно, что даже полимерная матрица без НЧ оказывала значительный положительный эффект (+18% к прорастанию, +45% к длине проростков), что подчеркивает ее роль не только как носителя, но и как самостоятельного протекторного и стимулирующего агента, вероятно, за счет создания защитной оболочки и регуляции водно-воздушного обмена. Синергетический эффект от сочетания полимерной матрицы и диспергированных в ней НЧ является основным фактором, обуславливающим результативность нанобиопрепарата по сравнению с контролем. Полевые испытания подтвердили эффективность разработанной технологии. Наиболее значимым результатом является выраженное фунгицидное действие нанобиопрепарата против патогенов картофеля. Снижение распространенности альтернариоза на 30% и ризоктониоза на 50% свидетельствует об индуцировании системной устойчивости растений и/или прямом антимикробном действии наночастиц. Этот эффект имеет первостепенное значение, так как именно поражение болезнями служит одной из основных причин потерь урожая и снижения качества клубней в Подмоскowie и других регионах. Как следствие улучшения фитосанитарного состояния посевов и стимуляции ростовых процессов отмечается повышение ключевых агрономических показателей: урожайность (+3,3%), выход товарных клубней (+1,47%) и доля здоровой продукции (+5,4%). Важно отметить, что достижение прироста урожая сопровождается сохранением его высоких потребительских качеств. Отсутствие негативного влияния на органолептические свойства (вкус, запах) и технологические характеристики (отсутствие потемнения мякоти), а также высокий индекс качества ( $\geq 4$ ) доказывают, что применение нанобиопрепарата не приводит к накоплению фитотоксичных соединений в продукции, что подтверждает его экологическую безопасность.

**Заключение.** Разработанный нанобиопрепарат комплексно воздействует на систему «клубень – растение – патоген». За счет синергии защитных свойств полимерной пленки, стимулирующего действия микроэлементов в наноформе и индуцирования устойчивости к болезням, технология предпосадочной обработки позволяет не только увеличить количественные показатели урожая картофеля, но и существенно улучшить его фитосанитарное состояние и товарное качество.

Нанопрепараты с композицией (Cu  $10^{-9}$  : В  $10^{-6}$  : Mo  $10^{-7}$  : Mg  $10^{-6}$ ) масс. % в составе полимеров могут быть рекомендованы для предпосадочной обработки клубней картофеля для повышения урожайности и качества продукции, снижения распространенности и степени развития фитопатогенов растений.

#### **Заявление о конфликте интересов.**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### **Финансирование.**

Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации.

#### **Литература**

1. Сельское хозяйство в России. 2021: Стат.сб. – М., Росстат, 2021. – 100 с.
2. Зейрук В.Н., Жевора С.В., Васильева С.В. и др. Болезни, вредители, сорняки картофеля и мероприятия по борьбе с ними. М., 2020.
3. Koch M., Naumann M., Pawelzik E. et al. The Importance of Nutrient Management for Potato Production Part I: Plant Nutrition and Yield // Potato Research, 2020, V. 63. – P. 97-119. <https://doi.org/10.1007/s11540-019-09431-2>.
4. Tolessa E.S. A review on responses of potato to major macro and micro plant nutrient // World Journal of Pharmacy and Life Sciences, 2021, V. 7(4). – P. 201-211.
5. Zeyruk V.N., Vasilieva S.V., Belov G.L. et al. A boost to integrated management of certain potato diseases using metal nanoparticles // Potato Research, 2022, V. 65. – P. 273-288. <https://doi.org/10.1007/s11540-021-09518-9>.
6. Hansch R., Mendel R. Physiological functions of mineral micronutrients (Cu, Zn, Mn, Fe, Ni, Mo, B, Cl) // Current opinion in plant biology, 2009, V. 12. – P. 259-266. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2009.05.006>.
7. Жугач А.Н., Лейтунский И.О., Кусков М.Л. и др. Установка для получения и исследования физико-химических свойств наночастиц металлов // Приборы и техника эксперимента, 2000, № 6. – С. 122-129.
8. Lisinska G., Peksa A., Kita A. et al. The Quality of Potato for Processing and Consumption // Potato for Food / Eds. N. Yee, W. Bussel. – Belgium: Institute Hodowli, 2009, V. 2. – P. 99-104.



## РАЗРАБОТКА И АПРОБАЦИЯ НОВОГО ПЦР В РЕЖИМЕ «РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ» ПРИ ИДЕНТИФИКАЦИИ *PECTOBACTERIUM BETAVASCULORUM* В СЕМЕННОМ МАТЕРИАЛЕ

И.М. Игнатьева<sup>1</sup>, Я.Ш. Белялетдинова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Всероссийский центр карантина растений «ФГБУ ВНИИКР», Московская обл.

<sup>2</sup>РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, Москва

e-mail: babiraighnirmi@yandex.ru

**Аннотация.** Описано влияние фитопатогенной бактерии *Pectobacterium betavascularum* на урожай ряда сельскохозяйственных культур. Актуальным аспектом исследования служит разработка и внедрение достоверных методов в диагностический протокол для идентификации и выявления возбудителя сосудистого некроза сахарной свеклы и мягкой гнили овощей. Авторы представляют апробацию впервые разработанной полимеразной цепной реакции в режиме «реального времени» Pbv2602 F/R/P специфичной для *Pectobacterium betavascularum*. Для подбора праймеров использован подход обнаружения ДНК бактерий с помощью молекулярно-генетической идентификации разных участков генома фитопатогенной бактерии с последующей обработкой файлов в программе UniPro UGENE 49.1. При определении критериев эффективности теста показатель аналитической чувствительности составил  $3 \cdot 10^3$  КОЕ/мл. Кросс-реакций с близкородственными для исследуемой бактерии штаммами не выявлено. В ходе испытаний установлено, что использование разработанного теста позволяет детектировать ДНК патогена в семенном экстракте сахарной свеклы с 95% достоверностью обнаружения.

**Ключевые слова:** возбудитель сосудистого некроза, возбудитель мягкой гнили, экспорт, диагностический протокол, молекулярно-генетические методы, критерии эффективности теста.

## DEVELOPMENT AND APPROBATION OF A NEW REAL-TIME PCR FOR IDENTIFICATION OF *PECTOBACTERIUM BETAVASCULORUM* IN SEED MATERIAL

I.M. Ignatyeva<sup>1</sup>, Y.S. Belialetdinova<sup>2</sup>

<sup>1</sup>All-Russian Plant Quarantine Centre (FGBU «VNIICR»), Moscow region

<sup>2</sup>Russian Timiryazev State Agrarian University (RSAU – MTAA), Moscow, Russia

e-mail: babiraighnirmi@yandex.ru

**Abstract.** The study describes the effect of the phytopathogenic bacterium *Pectobacterium betavascularum* on the yield of a number of crops. A relevant aspect of the study is the development and implementation of reliable methods in the diagnostic protocol for the identification and detection of the causative agent of vascular necrosis of sugar beets and soft rot of vegetables. The authors present an approbation of the newly developed «real-time» polymerase chain reaction Pbv2602 F/R/P specific for *Pectobacterium betavascularum*. To select primers, an approach was used to detect bacterial DNA using molecular genetic identification of different regions of the genome of a phytopathogenic bacterium, followed by file processing in the UniPro UGENE 49.1 program. Analytical sensitivity was  $3 \cdot 10^3$  CFU/mL for the test performance criteria. There were no cross-reactions with strains closely related to the test bacterium. During the tests, it was found that the use of the developed test allows detecting pathogen DNA in sugar beet seed extract with 95% confidence in detection.

**Keywords:** vascular necrosis agent, soft rot agent, export, diagnostic protocol, molecular genetic methods, test performance criteria.

**Введение.** Объект исследования – возбудитель сосудистого некроза сахарной свеклы и мягкой гнили многих овощей *Pectobacterium betavascularum* (Thomson et al.) Gardan, Gouy, Christen & Samson (далее – Pbv), приводящий к потере урожая сельскохозяйственных культур [1, 2]. Pbv является представителем рода *Pectobacterium*, который населяет различные ниши и встречается во всех климатических зонах. Бактерии из рода *Pectobacterium* могут вызывать мягкую гниль на различных растениях из-за секреции ферментов, разрушающих клеточную стенку растений (PCWDEs) [3]. Бактерии этого рода также представляют угрозу для таких культур, как подсолнечник и артишок. Основным сахаром, присутствующим в сахарной

свекле, является сахароза, в то время как ксилоза является одним из основных сахаров в артишоке и подсолнечнике. Метаболические исследования в сочетании с геномикой позволили изучить метаболизм *Pbv* в присутствии ксилозы и сахарозы в качестве единственных источников углерода. Присутствие ксилозы усиливает внеклеточный метаболизм сахаров и глицерина, а в присутствии сахарозы стимулируется интенсивный внеклеточный метаболизм аминов и аминокислот [2]. *Pbv*, первоначально связанный с инфекцией столовой свеклы, вызывает заболевания картофеля, томата, моркови, батата, редиса, кабачка, огурца и хризантемы. Опубликованные в 2024 г. результаты исследований подчеркивают приспособляемость *Pbv* к разнообразным хозяевам и условиям окружающей среды. Штаммы, адаптированные к растениям с высоким содержанием сахара в тканях, имеют другой состав жирных кислот в мембранах и другой механизм восполнения азота в случае дефицита этого соединения, чем штаммы, полученные от других видов растений, что позволяет отнести вид *Pbv* к агрономически значимому патогену [4].

Фитопатоген включен в список карантинных микроорганизмов Египта и регулируется при экспорте семенного материала сахарной свеклы [5]. В настоящее время для выявления возбудителя *Pbv* в семенном материале диагностического протокола не существует, что затрудняет выявление и идентификацию фитопатогена.

**Цель исследования** – разработка метода полимеразной цепной реакции в режиме «реального времени» (далее ПЦР-РВ) для идентификации *Pbv* в семенах сахарной свеклы. Для этого необходимо разработать праймеры и зонд, апробировать их при определенных условиях и определить критерии эффективности.

**Материалы и методы.** Одной из основных и наиболее сложных задач при разработке диагностических методов на основе ПЦР является поиск нуклеотидной последовательности, соответствующей участку генома *Pbv*, подходящей для ее использования в качестве ПЦР-мишени. При разработке специфичных для *Pbv* праймеров использовали подход обнаружения ДНК бактерий с помощью молекулярно-генетической идентификации разных участков генома фитопатогена. Выбранные файлы «FASTA» (JN600328.1, JN600329.1, KJ744311.1 и Z96091.1), связанные с данными геномами, были обработаны в программе UniPro UGENE 49.1. В качестве генетической мишени был выбран участок гена рекомбиназы A KP22\_RS16540 ([https://www.ncbi.nlm.nih.gov/protein/WP\\_039307937.1/](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/protein/WP_039307937.1/)).

Полученные после выравнивания пары праймеров, апробация которых показала удовлетворительный результат в соответствии с заданными критериями, а размер ампликона не превышал 300 п.о., использовали для подбора зонда с целью разработки ПЦР-РВ для идентификации *Pbv*.

При подборе праймеров Pbv2602 F и Pbv2602 R учитывали, что мишень в геноме – участок гена рекомбиназы (гесА). Размер продукта амплификации составляет 232 п.о. На последовательности, амплифицируемые с праймерами Pbv2602 F и Pbv2602 R, подбирали зонд Pbv2602 P для проведения ПЦР-РВ (длина п.о. – 20, GC состав – 50-60%).

Апробацию оптимизированного состава реакционной смеси и условий амплификации проводили с использованием штамма 0457 (DSM 18076) в десятикратной повторности для канала детекции спецификации ПЦР-РВ – Fam, а также для двух каналов детекции внутреннего положительного контроля (далее ВПК) – Hex и Cy5. Испытания проводили на амплификаторе BioRad CFX<sup>Opus</sup> (США).

Показатель аналитической чувствительности (АЧ) определяли с использованием серий разведений стандартной базовой суспензии  $10^8$  КОЕ/мл *Pbv* в семенном экстракте сахарной свеклы [6, 7]. Приготовление семенного экстракта проводили согласно разработанного ранее авторами метода подготовки аналитических проб [8]. Определение показателя аналитической специфичности (АС) проводили с использованием штаммов рабочей коллекции фитопатогенных бактерий (*Pectobacterium*, *Dickeya*, *Ralstonia*).

**Результаты и обсуждение.** Разработанные последовательности прямого праймера Pbv2602 F (5'-TGC TTT GGG GGC TGG CGG TTT A-3'), обратного праймера Pbv2602 R (5'-CAG TGC TTG TTC ACC TGT ATC TGG CTG-3') и зонда Pbv2602 P (5'-TGC CGC CCA GCG CGA AGG CA-3') синтезировали в ООО «Евроген» (Россия). Смесь реактивов для постановки одной реакции объемом 25 мкл содержала: 5 мкл – 5× Реакционная смесь для ПЦР; 1,0 мкл – Pbv2602 F; 1,0 мкл – Pbv2602 R; 1,0 мкл – Pbv2602 P; 2 мкл – ДНК; 0,1 мкл – ВПК; 14,9 мкл – вода для ПЦР. Температурно-временные параметры ПЦР-РВ включали: первичную денатурацию 94°C – 5 мин; далее 50 циклов (95°C – 15 сек., 60°C – 40 сек.). Результаты анализа значений пороговых циклов, полученных в ходе испытаний, представлены в таблице.

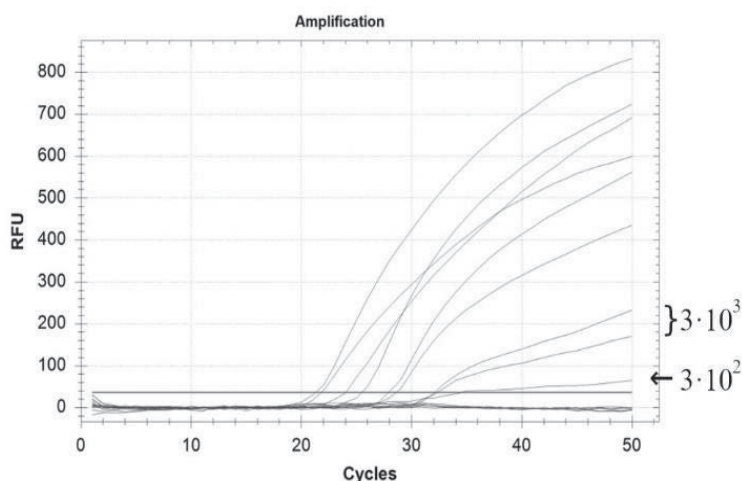
В результате испытания разработанного ПЦР-РВ установлено, что показатель флуоресценции можно использовать для идентификации специфических продуктов амплификации со ссылкой на положительные реакции контроля в сочетании с любым типом ВПК. Значения ВПК Hex не превышают значения 31,07, а значения ВПК Cy5 не превышают значения 31,02 с учетом погрешности для всех измерений и позволяют рекомендовать использование описанных каналов детекции возбудителя *Pbv* из семян сахарной свеклы. Значения FAM не превышают 20,76 с учетом погрешности, что говорит о 95% достоверности обнаружения патогена.

## Результаты анализа значений пороговых циклов ПЦР-РВ для каналов детекции ПЦР-РВ

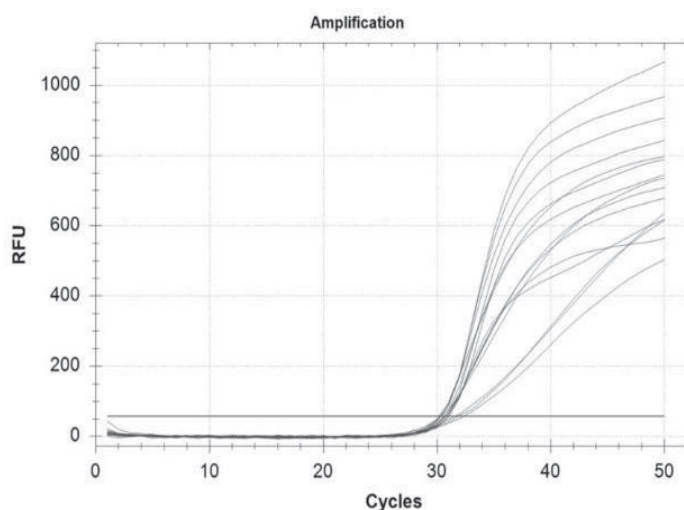
| Повторность | Значение порогового цикла |       |       |
|-------------|---------------------------|-------|-------|
|             | Fam                       | Hex   | Cy5   |
| 1           | 20,47                     | 29,80 | 29,11 |
| 2           | 20,27                     | 30,42 | 29,12 |
| 3           | 20,56                     | 30,08 | 29,13 |
| 4           | 20,24                     | 29,09 | 29,30 |
| 5           | 20,52                     | 29,95 | 29,42 |
| 6           | 20,43                     | 30,23 | 29,30 |
| 7           | 20,31                     | 30,20 | 29,28 |
| 8           | 20,34                     | 30,17 | 29,30 |
| 9           | 20,45                     | 30,37 | 30,20 |
| 10          | 20,29                     | 30,09 | 30,28 |
| M           | 20,39                     | 30,04 | 29,44 |
| $\sigma$    | 0,11                      | 0,36  | 0,41  |

Примечание: FAM – канал детекции спецификации ПЦР-РВ (0,00 – не выявлено); Hex и Cy5 – каналы детекции внутреннего положительного контроля ПЦР-РВ; M – среднее значение;  $\sigma$  – среднеквадратичное отклонение.

Для определения показателя АЧ приготовили шесть 10-кратных разведений в двукратной повторности. В качестве отрицательного контроля использовали семенной экстракт сахарной свеклы, свободный от *Pbv*. Подготовленные суспензии высевали на питательную среду R2A. После постановки ПЦР-РВ и подсчета КОЕ был определен показатель АЧ. Результаты определения показателя АЧ представлены на рисунках А и Б.



А



Б

**Зависимость флуоресценции каналов FAM (А) и Cy5 (Б) при определении аналитической чувствительности ПЦР-РВ с праймерами Pbv2602 F/R и зондом Pbv2602 P**



Для определения показателя АС приготовили 49 анализов в виде инкубированных колоний близкородственных для исследуемого фитопатогена штаммов из рабочей коллекции ФГБУ ВНИИКР. ПЦР-РВ в соответствии с праймерами Pbv2602 F, Pbv2602 R и зондом Pbv2602 P не отразила кросс-реакций с близкородственными для *Pbv* штаммами.

Показатель АЧ ПЦР-теста составил  $3 \cdot 10^3$  КОЕ/мл, показатель АС – 100%, что позволяет использовать данную тест-систему при идентификации патогена из семенного материала сахарной свеклы.

**Заключение.** В результате апробации и определения критериев эффективности разработанного ПЦР-теста установлено, что метод ПЦР-РВ в соответствии с праймерами Pbv2602 F, Pbv2602 R и зондом Pbv2602 P позволяет детектировать ДНК *Pbv* в семенном экстракте сахарной свеклы. Метод может быть рекомендован к включению в диагностический документ, как отборочный тест для выявления и идентификации возбудителя *Pbv*, что позволит ускорить проведение исследований.

#### **Заявление о конфликте интересов.**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### **Финансирование**

Исследование выполнено в рамках темы НИР «Изучение карантинных и особо опасных бактериальных болезней растений и их возбудителей в целях обеспечения биобезопасности территории РФ и экспортной продукции» на базе Всероссийского центра карантина растений.

#### **Литература**

1. Chengyue S., Gorovik Y.N., Sidorova S.G., Evtushenkov A.N. Identification of pectolytic bacterial species isolated during plant bacteriosis in the Republic of Belarus // *Experimental Biology and Biotechnology*, 2022, № 3. – С. 64-72. DOI 10.33581/2957-5060-2022-3-64-72.
2. Smoktunowicz M., Wawrzyniak R., Jonca J. et al. Untargeted metabolomics coupled with genomics in the study of sucrose and xylose metabolism in *Pectobacterium betavascularum* // *Frontiers in Microbiology*, 2024, V. 15. – P. 1323765. DOI 10.3389/fmicb.2024.1323765.
3. Nedaienia R., Fassihiani A. Host Range and Distribution of *Pectobacterium betavascularum*, the Causal Agent of Bacterial Vascular Necrosis and Root Rot of Sugarbeet in Fars Province // *Iran. J. Plant Path.*, 2011, T. 47(2). – P. 47-48.
4. Borowska-Beszta M., Smoktunowicz M., Horoszkiewicz D. et al. Comparative genomics, pangenomics, and phenomic studies of *Pectobacterium betavascularum* strains isolated from sugar beet, potato, sunflower, and artichoke // *Frontiers in Plant Science*, 2024, V. 15. – P. 1352318. DOI 10.3389/fpls.2024.1352318.
5. EPPO Global Database. Categorization [Электронный ресурс] / EPPO. – Электрон. текстовые данн. – Режим доступа <https://gd.eppo.int/taxon/ERWIBV/categorization> свободный (дата обращения 2024-11-20).
6. Ignatieva I.M., Bakaeva A.S., Prikhodko S.I. The PCR test optimization as an additional method of identifying the bacterial blight of pea pathogen // Сборник трудов XI Международной научно-практической конференции «Молекулярная диагностика 2023». – P. 417-418. EDN EMEPNX.111
7. ОФС.1.7.2.0008.15. Определение концентрации микробных клеток // Государственная фармакопея Российской Федерации: в 4 т. XIV издание. Москва, 2018, Т. 1.
8. Игнатьева И.М., Белялетдинова Я.Ш. Разработка метода подготовки проб при идентификации *Pectobacterium betavascularum* в семенном материале // *Фитосанитария. Карантин растений*, 2024, № S4-1(20). – С. 31. EDN WTWUIT.

## КРОССПАТОГЕННОСТЬ БАКТЕРИИ РОДА *PSEUDOMONAS* SP. А КУЛЬТУРАХ СЕМЕЙСТВА CUCURBITACEAE L. И *SOLANUM TUBEROSUM* L.

А.В. Каменева, М.Е. Слетова

ФНЦ овощеводства, Московская область, e-mail: alina.malina1290@gmail.com

**Аннотация.** Картофель занимает значительную долю в питании человека, однако патогены, в том числе и бактериальной этиологии, могут нанести значительный вред урожаю. Из пораженных плодов кабачка нами была выделена бактерия рода *Pseudomonas* sp. В лабораторных условиях были оценены характер проявления патогенных свойств и онтогенетическая специализация данного возбудителя, по результатам которых стали необходимы исследования кросспатогенности на культуре картофеля. При заражении суспензией бактерии клубней картофеля она проявила высокую агрессивность и привела к развитию гнили и образованию полости. Таким образом, круг растений-хозяев данного изолята *Pseudomonas* sp. включает не только растения семейства *Cucurbitaceae* L., что важно учитывать при выращивании культур в севообороте и проведении иммунологических исследований.

**Ключевые слова:** *Pseudomonas*, *Solanum tuberosum*, *Cucurbitaceae*, болезни кабачка, болезни картофеля, кросспатогенность.

## CROSS-PATHOGENICITY OF BACTERIA OF THE GENUS *PSEUDOMONAS* SP. ON CROPS OF THE CUCURBITACEAE L. FAMILY AND POTATOES

A.V. Kameneva, M.E. Sletova

Federal Scientific Vegetable Center, Moscow region, e-mail: alina.malina1290@gmail.com

**Abstract.** Potato plays a significant role in human nutrition, but pathogens, including those of bacterial etiology, can cause significant damage to crops. We isolated a bacterium of the genus *Pseudomonas* sp. from affected squash fruits, and in laboratory conditions assessed the nature of the manifestation of pathogenic properties and the ontogenetic specialization of this pathogen, which made it necessary to conduct cross-pathogenicity studies on potato. When infecting potato tubers with a suspension, the bacterium showed high aggressiveness and led to the development of rot and cavity formation. Thus, the range of host plants for this isolate of *Pseudomonas* sp. includes not only plants of the *Cucurbitaceae* L. family, which is important to consider when growing crops in crop rotation and conducting immunological studies.

**Key words:** *Pseudomonas*, *Solanum tuberosum*, *Cucurbitaceae*, cross-pathogenicity, potato diseases.

**Введение.** Картофель (*Solanum tuberosum* L.) – одна из основных продовольственных культур в Российской Федерации, поэтому получение качественной продукции служит основой экономической безопасности. Как и все растения, картофель имеет свой комплекс заболеваний и вредителей. Особую опасность представляют бактериальные заболевания.

Возбудитель кольцевой гнили картофеля *Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicum* (Cms) (син.: *Corynebacterium sepedonicum*) поражает все части растения. При высокой концентрации патогена в посадочном материале если не наступает полная гибель до прорастания, то на листьях молодых растений появляется межжилковый хлороз, затем пожелтение и скручивание начиная с верхнего яруса. Также наблюдается карликовость растений. Если патоген развивается медленнее, симптомы начинают проявляться в фазе цветения с увядания единичных стеблей, которые в дальнейшем полегают. Листья на них также увядают с образованием бурых пятен на кончиках. В молодые клубни бактерия проникает через столоны в период клубнеобразования, размягчает сосудистое кольцо и приводит к желтой подкожной пятнистости, затем переходит на сердцевину, что в конечном итоге приводит к полной мацерации, сопровождающейся неприятным запахом и белой слизью.

Бурая бактериальная гниль, вызываемая бактерией *Ralstonia solanacearum* (син.: *Pseudomonas solanacearum*), на растениях картофеля проявляется в фазе цветения в дневные часы увяданием стеблей и пожелтением листьев. На срезе наблюдается потемнение сосудистой системы, экссудат серо-белый. Осно-

вание стебля растрескивается, размягчается и загнивает. По проводящей системе фитопатоген проникает в клубни, где приводит к размягчению и побурению сосудистого кольца, далее поражается сердцевина.

Среди возбудителей бактериальной этиологии наиболее распространены и вредоносны для картофеля представители рода *Erwinia* (син.: *Pectobacterium*, *Dickeya*) (черная ножка картофеля). Виды этих пектолитических бактерий приводят к увяданию надземной части растения, а также гнили стеблей и клубней. Для развития фитопатогена благоприятна повышенная влажность. На верхней части стебля и листьях симптоматически заболевание проявляется ослизнением и мацерацией, у нижней части стебля и клубней появляется мягкая (мокрая) гниль сначала с винным, затем гнилостным запахом, также часто в пораженной ткани образуются полости. В полевых условиях надземная часть часто обрывается. При медленном развитии заболевания поражение клубня может не наблюдаться, само растение отстает в росте, листья мелкие [1].

Перечень бактериальных заболеваний картофеля не ограничивается вышеперечисленными представителями. Нами была выделена бактерия из пораженных плодов кабачка, принадлежащая роду *Pseudomonas* sp., схожая по действию с патогенной для картофеля *Pseudomonas xanthochlora* (Schuster) Stapp. Особенностью данного возбудителя является органоспецифичность в отношении клубней: внутренняя часть поражается мокрой гнилью и превращается в сероватую кашу с неприятным запахом, но кожура при этом остается целой. Массово развивается с начального периода хранения, что затрудняет своевременную идентификацию и может привести к серьезным экономическим потерям [2]. Также была отмечена агрессивность *Pseudomonas xanthochlora* на культуре чеснока.

В связи с этим необходимы исследования кросспатогенности для оценки фитосанитарных рисков и грамотной разработки севооборота для тыквенных культур и картофеля.

**Материалы и методы.** Исследования проведены на базе лаборатории молекулярно-иммунологических исследований ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства».

Бактерия была выделена в чистую культуру из плодов кабачка с симптомами потемнения и размягчения мякоти, при этом на кожуре повреждений не наблюдалось (рис. 1).

На тест-растениях, таких как табак и пеларгония, проводили первичный анализ патогенных свойств по реакции сверхчувствительности после введения суспензии в жилку листа.

На растениях-хозяевах семейства Cucurbitaceae L. (кабачок, огурец, тыква) оценку агрессивности проводили на плодах методом укола по индексу развития заболевания и на проростках после замачивания семян в бактериальной суспензии по эффекту действия [3].

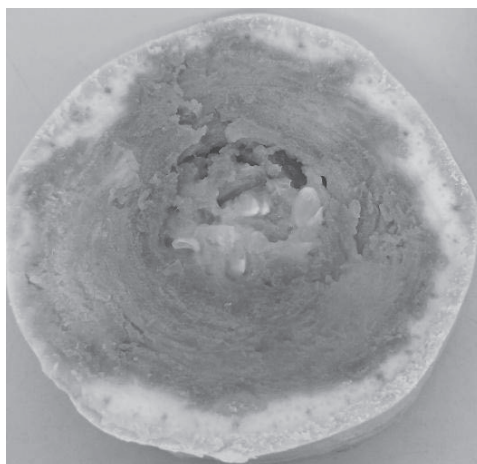


Рис. 1. Пораженный плод кабачка в разрезе

Для заражения клубней картофеля использовали суспензию в концентрации  $10^4$  по стандарту мутности, приготовленную из двухсуточной бактериальной культуры. Клубни тщательно промывали и обрабатывали 70% этиловым спиртом, нарезали на диски толщиной 1,5 см. На картофельный диск капали 0,5 мл суспензии и накрывали другим диском. Повторность трехкратная. Инкубировали в стерильных контейнерах при температуре  $+24^{\circ}\text{C}$ .

Объем зоны поражения вычисляли по формуле эллипса:  $V = 4/3 \cdot \pi \cdot a \cdot b \cdot c$ , где  $a$ ,  $b$ , и  $c$  – длины полуосей эллипсоида.

#### Результаты и обсуждение

В ходе проверки патогенных свойств бактерии рода *Pseudomonas* sp. было выявлено, что и на табаке, и на пеларгонии уже на 5 сутки наблюдался сильный некроз с хлоротичной каймой, что косвенно свидетельствует о высокой агрессивности изолята.

На растениях-хозяевах семейства Cucurbitaceae L. на наиболее уязвимых стадиях – генеративной и ювенильной – была выявлена органотропная специализация бактерии: сильное внутреннее поражение плодов кабачка, огурца и тыквы, сопровождающееся потемнением, мацерацией и неприятным запахом, кожура оставалась целой, индекс развития заболевания составил 3,5-3,7 балла (где 4 – максимальный балл), что характеризует данный изолят как высокоагрессивный. В то время как на проростках достоверного ингибирования морфометрических показателей относительно контроля или симптомов поражения обнаружено не было [3].

Изолят пектолитической бактерии рода *Pseudomonas* sp., вредоносный для культур семейства Cucurbitaceae L., проявил патогенные свойства на клубнях картофеля (рис. 2): на 7 суток с момента заражения наблюдалось потемнение зоны поражения, объем которой составил 10,6 см<sup>3</sup>. Развитие болезни сопровождалось выделением экссудата и образованием полости объемом 6 см<sup>3</sup>.



Рис. 2. Развитие болезни на клубне картофеля, 7 суток

#### Заключение

Таким образом была доказана кросспатогенность исследованной бактерии рода *Pseudomonas* sp. в отношении *Solanum tuberosum* L. и культур семейства Cucurbitaceae L., а также сходное воздействие на производственно-значимые органы данных растений, что повышает экономическую угрозу.

В случае обнаружении сходных симптомов при проведении фитосанитарных обследований при уборке урожая и в период хранения необходимо проводить диагностику патогена и исключать из последующего севооборота картофель и тыквенные культуры.

#### Заявление о конфликте интересов.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### Литература

1. Игнатов А.Н., Паныхева Ю.С., Воронина М.В. и др. Бактериозы картофеля в Российской Федерации // Картофель и овощи, 2018, № 1. – С. 3-7.
2. Дементьева М.И., Выгонский М.И. Болезни плодов, овощей и картофеля в период хранения. – М.: Агропромиздат, 1988. – С. 197-202.
3. Каменева А.В., Слетова М.Е., Химич Г.А. Оценка агрессивности изолятов бактериальной этиологии на проростках *Cucumis sativus* L. // Фитосанитария. Карантин растений. Материалы международной научно-практической конференции «Защита и карантин растений. Здоровые растения – здоровая нация», 2024, № 4S (20B). – С. 37-38.



## ИДЕНТИФИКАЦИЯ И ПАТОГЕННЫЕ СВОЙСТВА ГРИБОВ *FUSARIUM*, АССОЦИИРОВАННЫХ С ФУЗАРИОЗНОЙ ГНИЛЬЮ СВЕКЛЫ СТОЛОВОЙ

Е.Г. Козарь, С.А. Ветрова, К.С. Мухина, В.К. Чижик, И.А. Енгальчева  
ФНЦ овощеводства, Московская обл., e-mail: lana-k2201@mail.ru

**Аннотация.** Лимитирующим фактором снижения урожайности свеклы столовой является поражение семенного материала возбудителями фузариозной гнили. Впервые с использованием молекулярного маркирования и морфологических характеристик идентифицированы виды *F. acuminatum*, *F. avenaceum* и *F. flagelliforme*, входящие в состав патоконплекса семенной инфекции свеклы столовой. Показана высокая агрессивность *F. acuminatum* и *F. flagelliforme* в отношении корнеплодов свеклы столовой.

**Ключевые слова:** свекла столовая, *Fusarium*, фузариозная гниль, идентификация, патогенность, агрессивность.

### IDENTIFICATION AND STUDY OF PATHOGENIC PROPERTIES OF *FUSARIUM* FUNGI ASSOCIATED WITH *FUSARIUM* BEETROOT

E.G. Kozar, S.A. Vetrova, K.S. Muhina, V.K. Chizhik, I.A. Engalycheva  
Federal Scientific Vegetable Center, VNISSOK, Moscow region, e-mail: lana-k2201@mail.ru

**Abstract.** The limiting factor in reducing the yield of table beet is the damage of seed material by causative agents of fusarium rot. For the first time, the species *F. acuminatum*, *F. avenaceum* and *F. flagelliforme*, which are part of the pathocomplex of seed beet infection, have been identified using molecular labeling and morphological characteristics. The high aggressiveness of *F. acuminatum* and *F. flagelliforme* against beet roots has been shown.

**Keywords:** beetroot, *Fusarium*, fusarium rot, identification, pathogenicity, aggressiveness.

**Введение.** Ценность свеклы столовой определяется уникальным составом ее нутриентов, неприхотливостью и длительной сохранностью в свежем виде [1]. Посевные площади под этой культурой в России составляют 30 тыс. га, урожайность в среднем по стране невысокая – 30 т/га. Лимитирующим фактором снижения урожайности является воздействие возбудителей фузариозной гнили во время вегетации растений 1 и 2 года выращивания и при хранении корнеплодов [2, 3]. Неблагоприятные условия вегетации растений, уборки и хранения семян благоприятствуют развитию инфекции околоплодника [4]. Поверхностное и внутреннее заражение семян грибами *Fusarium* препятствует их прорастанию и передаче инфекции на вегетирующие растения, что влечет за собой снижение урожайности и товарности посевов свеклы столовой [5].

**Цель исследования** – идентификация грибов *Fusarium* в патоконплексе семенной инфекции свеклы столовой и изучение их патогенных свойств в отношении корнеплодов.

**Материалы и методы.** В исследования включили 29 штаммов *Fusarium*, изолированных в 2019-2020 гг. в Московской области с пораженных семян селекционных образцов свеклы столовой. Выделение грибов на среду Чапек проводили с пророщенных во влажной камере семян и пораженных проростков. Моноспоровые колонии культивировали на среде PDA в течение 20 суток в условиях переменного освещения (16 часов день и 8 часов ночь) при температуре 25°C. Идентификацию изолятов проводили по макро- и микроморфологическим характеристикам колоний [6]; с использованием анализа нуклеотидных последовательностей генов *tefla*, *rpb2* и двух локусов внутреннего транскрибируемого спейсера ITS 1.4 и ITS 4.5 [7]. Видовую принадлежность определяли в GenBank NCBI и базе данных FUSARIOID-ID. На основании выровненных последовательностей были построены дендрограммы по каждому из праймеров в программе MEGA X. Тест на патогенность проводили путем инокуляции мицелиальными блоками высечек корнеплодов четырех сортов свеклы столовой (Маруся, Красный бархат, Добрыня, Любава) в пятикратной повторности. Контроль – стерильный агаровый блок PDA. Степень поражения учитывали на седьмые сутки после заражения, измеряя диаметр и глубину зоны поражения. Объем зоны поражения ( $V_a$ , см<sup>3</sup>) рассчитывали по формуле объема цилиндра. Изоляты по степени агрессивности дифференцировали на группы: слабоагрессивные (WA):  $V_a = 1-100$  мм<sup>3</sup>; умеренноагрессивные (MA):  $V_a = 101-150$  мм<sup>3</sup>; высокоагрессив-

ные (НА):  $V_a \geq 151 \text{ мм}^3$ . Анализ экспериментальных данных и статистическую оценку выполняли в Microsoft Excel 2010 и Statistica 10.0.

**Результаты и обсуждение.** В результате фитопатологической экспертизы семян свеклы столовой в чистую культуру было выделено 29 изолятов грибов рода *Fusarium*. Отмечено два типа симптомов. Первый – семена не прорастали, наблюдали потемнение, размягчение или ослизнение тканей околоплодника с образованием мицелия. С таких семян выделили 30% изолятов от общего числа. Второй тип симптомов – поражение проростков: потемнение и размягчение корешка (38%), семядольных листьев (18%), гипокотилья с последующим увяданием проростка (14%). Тест на патогенность по отношению к корнеплодам свеклы показал, что 27% проанализированных изолятов отнесли к слабоагрессивным ( $V_a = 39\text{-}87 \text{ мм}^3$ ), 27% – к умеренно агрессивным ( $V_a = 103\text{-}140 \text{ мм}^3$ ) и 46% – к высокоагрессивным ( $V_a = 157\text{-}456 \text{ мм}^3$ ) (таблица).

#### Агрессивность изолятов *Fusarium* sp. в отношении корнеплодов свеклы столовой

| Шифр изолята<br>в 2024     | Место локализации |              | Средний объем зоны<br>поражения*, $\text{мм}^3$ | Степень<br>агрессивности |
|----------------------------|-------------------|--------------|-------------------------------------------------|--------------------------|
|                            | орган             | часть органа |                                                 |                          |
| Контроль – чистый блок PDA |                   |              | 0 <sup>a</sup>                                  |                          |
| F-св-61                    | семя              | околоплодник | 39 <sup>ab</sup>                                | WA                       |
| F-св-21                    | проросток         | корешок      | 45 <sup>ab</sup>                                |                          |
| F-св-10                    | семя              | околоплодник | 47 <sup>ab</sup>                                |                          |
| F-св-69                    | семя              | околоплодник | 63 <sup>ab</sup>                                |                          |
| F-св-63                    | проросток         | корешок      | 81 <sup>abc</sup>                               |                          |
| F-св-68                    | семя              | околоплодник | 86 <sup>abc</sup>                               |                          |
| F-св-8                     | семя              | околоплодник | 87 <sup>abc</sup>                               |                          |
| F-св-9                     | проросток         | корешок      | 91 <sup>abc</sup>                               |                          |
| F-св-5                     | проросток         | корешок      | 103 <sup>abcd</sup>                             | MA                       |
| F-св-14a                   | проросток         | гипокотиль   | 104 <sup>abcd</sup>                             |                          |
| <b>F-св-11</b>             | проросток         | гипокотиль   | 108 <sup>abcd</sup>                             |                          |
| F-св-12                    | проросток         | семядоли     | 108 <sup>abcd</sup>                             |                          |
| F-св-18                    | семя              | околоплодник | 115 <sup>abcd</sup>                             |                          |
| F-св-3                     | проросток         | гипокотиль   | 133 <sup>abcd</sup>                             |                          |
| <b>F-св-30</b>             | семя              | околоплодник | 139 <sup>abcd</sup>                             |                          |
| F-св-31                    | проросток         | семядоли     | 140 <sup>abcd</sup>                             |                          |
| F-св-14b                   | проросток         | гипокотиль   | 157 <sup>bcd</sup>                              | HA                       |
| F-св-6                     | проросток         | корешок      | 212 <sup>bcd</sup>                              |                          |
| <b>F-св-13</b>             | проросток         | корешок      | 215 <sup>bcd</sup>                              |                          |
| F-св-20                    | проросток         | семядоли     | 230 <sup>bcd</sup>                              |                          |
| F-св-16                    | проросток         | семядоли     | 233 <sup>bcd</sup>                              |                          |
| F-св-7                     | проросток         | корешок      | 238 <sup>bcd</sup>                              |                          |
| F-св-1                     | семя              | околоплодник | 239 <sup>bcd</sup>                              |                          |
| F-св-4                     | проросток         | корешок      | 239 <sup>bcd</sup>                              |                          |
| F-св-15                    | семя              | околоплодник | 248 <sup>bcd</sup>                              |                          |
| F-св-19                    | проросток         | корешок      | 263 <sup>bcd</sup>                              |                          |
| F-св-17                    | проросток         | семядоли     | 300 <sup>cde</sup>                              |                          |
| F-св-2                     | проросток         | корешок      | 356 <sup>de</sup>                               |                          |
| F-св-70                    | проросток         | корешок      | 456 <sup>e</sup>                                |                          |

\* среднее значение объема зоны поражения дисков корнеплодов на 7 сутки по всем сортам; а–е: значения с одинаковой буквой существенно не отличаются с вероятностью 95% согласно тесту Дункана.

По макро- и микроморфологическим характеристикам изоляты распределены на три морфогруппы (рис. 1). Видовая идентификация типичных представителей каждой группы с помощью молекулярных маркеров показала, что в состав патоконкомплекс семенной инфекции свеклы столовой в Московской области входят *F. acuminatum* (FTSC), *F. avenaceum* (FTSC), *F. flagelliforme* (FIESC) (рис. 2). Доминирующими видами были *F. acuminatum* и *F. flagelliforme* с наибольшей долей высокоагрессивных штаммов.

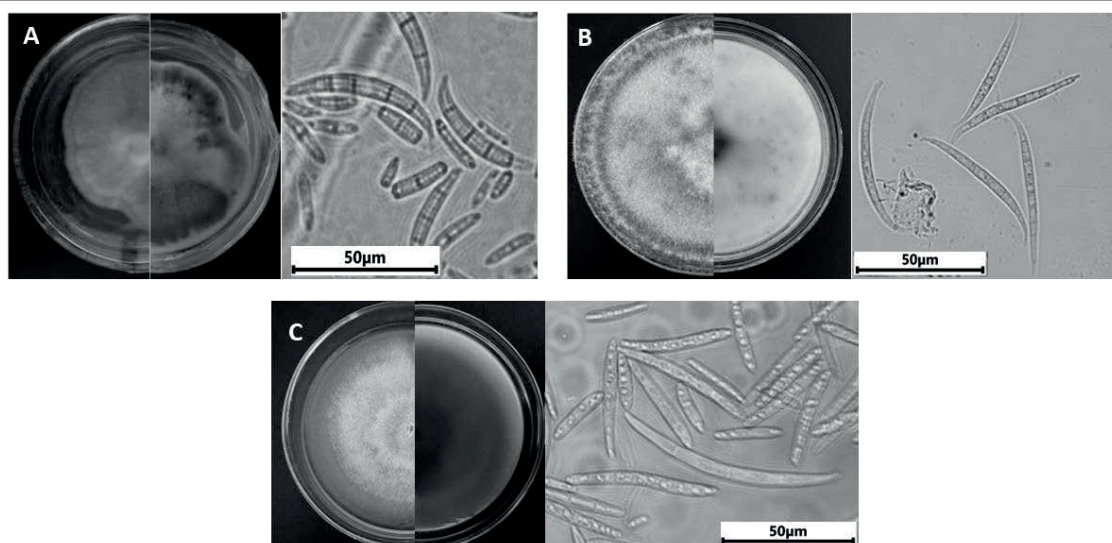


Рис. 1. Колонии и конидии репрезентативных изолятов идентифицированных видов *Fusarium*, изолированных с зараженных семян свеклы столовой:  
А) *F. acuminatum*; В) *F. flagelliforme*; С) *F. avenaceum*

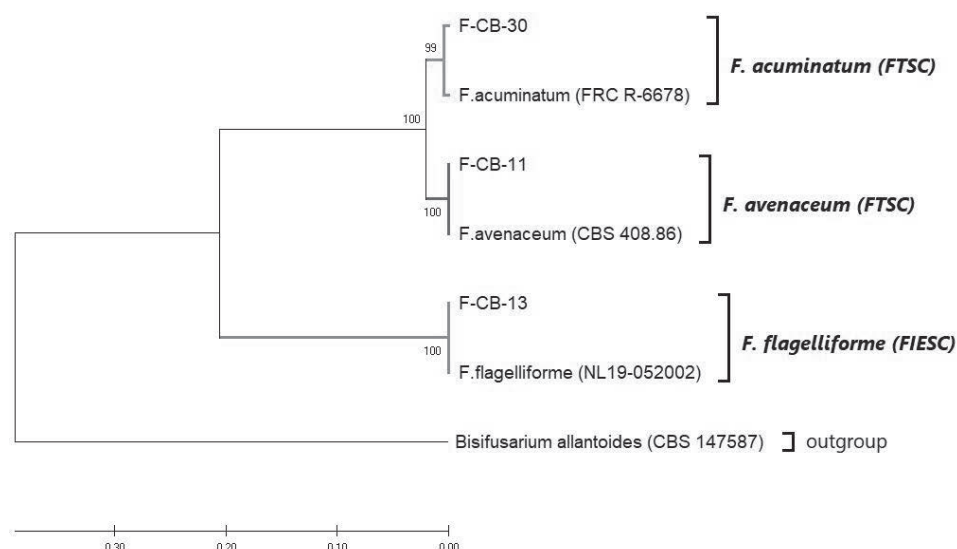


Рис. 2. Филогенетический анализ изолятов *Fusarium* на основе полученных нуклеотидных последовательностей локуса *tef1a*. Дендрограмма построена в программе Mega X методом UPGMA, бутстреп 1000. Последовательность локуса *tef1* *Bisifusarium allantoides* выбрана в качестве аутгруппы. В скобках указаны номера референсных штаммов из базы данных FUSARIOID-ID database – Food, Fibre & Health

Изоляты *F. acuminatum* имели стелящийся белый воздушный мицелий с появлением на 19 сутки ярко-розового пигмента в строме и частично в мицелии. Макроконидии обильные, изогнутые, с 3-4 перегородками, размером около 20x5 µm; микроконидии овальной или изогнутой формы с 0-1 перегородкой, размером около 8x3 µm. Хламидоспор нет.

Изоляты *F. flagelliforme* – белый пушистый воздушный мицелий, с появлением желтого пигмента в строме на 6 сутки. Макроконидии почти прямые с изогнутыми концами, размером около 55x4 µm с 5-6 перегородками. Микроконидии не обнаружены. Обильные округло-овальные хламидоспоры размером около 11x9 µm расположены цепочками.

Изоляты *F. avenaceum* – концентрический рост белого мицелия с появлением на 10 сутки оранжевого пигмента в строме и частично в воздушном мицелии. Обильные макроконидии, прямые или слегка изогнутые с 3-4 перегородками, размером около 48x4 µm. Микроконидии овальной формы, размером около 14x3 µm с 1-2 перегородками. Хламидоспор нет.

**Заключение.** В результате исследования получены новые знания о видовом составе и патогенности грибов *Fusarium*, ассоциированных с семенной инфекцией свеклы столовой в Московской области. Идентифицированы *F. acuminatum* (FTSC), *F. avenaceum* (FTSC) и *F. flagelliforme* (FIESC). Продемонстрирована высокая агрессивность *F. acuminatum* и *F. flagelliforme* в отношении корнеплодов свеклы столовой, их способность вызывать гниль корнеплодов данной культуры. То есть, зараженные этими видами семена могут служить источником инфекции, вызывая гибель не только проростков, но и поражая растения свеклы столовой в поле и при хранении. Вероятно, состав видов *Fusarium*, связанных с семенной инфекцией свеклы столовой в Московской области не ограничивается идентифицированными видами, что требует продолжения исследований.

#### **Заявление о конфликте интересов**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### **Финансирование**

Исследования выполнены по Государственному заданию FGGF-2025-0003.

#### **Литература**

1. Ветрова С.А., Солдатенко А.В., Новиков И.В. и др. Рентабельность товарного семеноводства свеклы столовой при различных способах производства // Овощи России, 2025, № 4. – С. 5-10.  
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-4-5-10>
2. Pethybridge S. J., Hanson L.E., Kikkert J.R. et al. Challenges and prospects for building resilient disease management strategies and tactics for the New York table beet industry // Agronomy, 2018, V. 8(7). – P. 112.  
<https://doi.org/10.3390/agronomy8070112>
3. Ветрова С.А., Козарь Е.Г., Енгалычева И.А. и др. Оценка устойчивости селекционного материала свеклы столовой к болезням хранения // Биосфера, 2022, Т. 14(4). – С. 282-287.  
<https://doi.org/10.24855/biosfera.v14i4.696>
4. Соколова Л.М., Тимакова Л.Н. Комплекс патогенов на семенах свеклы столовой и методы снятия их вредоносности // Известия Оренбургского государственного аграрного университета, 2023, Т. 4(102). – С. 91-96.  
<https://doi.org/10.37670/2073-0853-2023-102-4-91-96>
5. Пивоваров В.Ф., Разин А.Ф., Иванова М.И. и др. Нормативно-правовое обеспечение рынка органической продукции (в мире, странах ЕАЭС, России) // Овощи России, 2021, № 1. – С. 5-19.  
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-1-5-19>
6. Leslie J.F., Summerell B.A. The Fusarium Laboratory Manual, 2008. – 416 pp. ISBN 0-470-27646-0.
7. Crous P. W., Lombard L., Sandoval-Denis M. et al. *Fusarium*: more than a node or a foot-shaped basal cell // Studies in mycology, 2021, Т. 98. – С. 100-116.  
<https://doi.org/10.1016/j.simyco.2021.100116>



## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА МЕТОДОВ ПОЛУЧЕНИЯ МИНИКЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННОГО СЕМЕННОГО МАТЕРИАЛА

К.А. Колошина, Н.И. Полухин, А.С. Батов, Ю.А. Гуреева

Сибирский НИИ растениеводства и селекции – филиал Института цитологии и генетики Сибирского отделения РАН, р.п. Краснообск, Новосибирская обл., e-mail: kristina.koloshina@yandex.ru

**Аннотация.** Представлены результаты сравнительной оценки методов получения миниклубней картофеля для производства высококачественного семенного материала. Исследование проведено на 5 сортах отечественной селекции при использовании аэропонных и гидропонных установок, а также в полевых условиях. Актуальность работы обусловлена необходимостью ускоренного размножения безвирусного посадочного материала картофеля. Установлено, что аэропонные установки обеспечивают максимальное количество миниклубней фракции 20-25 мм, гидропонные – несколько меньшую продуктивность при сохранении качества, полевые условия – стабильность крупной фракции, но подверженность внешним факторам. Полученные результаты могут быть использованы для оптимизации технологии размножения и закладки первого полевого поколения семенного картофеля.

**Ключевые слова:** картофель, миниклубни, семенной материал, аэропоника, гидропоника.

## COMPARATIVE EVALUATION OF METHODS FOR PRODUCING POTATO MINITUBERS FOR HIGH-QUALITY SEED MATERIAL

K.A. Koloshina, N.I. Polukhin, A.S. Batov, Yu.A. Gureeva

Siberian Research Institute of Plant Growing and Breeding – Branch of the Institute of Cytology and Genetics, Siberian Branch of the RAS, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, e-mail: kristina.koloshina@yandex.ru

**Abstract.** The results of a comparative evaluation of methods for producing potato minitubers for high-quality seed material are presented. The study was conducted on five varieties of domestic selection using aeroponic and hydroponic systems, as well as under field conditions. The relevance of the work is determined by the need for accelerated propagation of virus-free potato planting material. It was found that aeroponic systems provide the highest number of minitubers in the 20-25 mm fraction, hydroponic systems show slightly lower productivity while maintaining quality, and field conditions ensure stability of larger fractions but are more affected by external factors. The results can be used to optimize propagation technology and the establishment of the first field generation of seed potatoes.

**Keywords:** potato, minitubers, seed material, aeroponics, hydroponics.

**Введение.** Картофель (*Solanum tuberosum* L.) – одна из ведущих сельскохозяйственных культур мира, обеспечивающая население ценным источником углеводов, белков и витаминов [1]. В условиях интенсификации растениеводства особое значение приобретает получение высококачественного семенного материала, поскольку именно он в наибольшей степени определяет урожайность и устойчивость растений к биотическим и абиотическим стрессам. В системе семеноводства картофеля важное место занимает производство безвирусных миниклубней, используемых для закладки питомников последующих поколений [2].

Традиционное размножение в полевых условиях сопровождается рядом ограничений, связанных с воздействием неблагоприятных факторов среды, распространением болезней и относительно низкой скоростью получения исходного материала. Разработка и внедрение современных технологий, основанных на применении аэропонных и гидропонных установок, открывают новые возможности для ускоренного размножения и повышения качества семенного картофеля [3-5]. Эти методы позволяют управлять условиями выращивания растений, регулировать продолжительность вегетации, процесс клубнеобразования и получать более выровненный посадочный материал.

В настоящее время существует необходимость в сравнительной оценке эффективности различных способов получения миниклубней, что позволит определить оптимальные подходы для практического семеноводства.

**Цель исследования** – изучение различных методов получения миниклубней картофеля и определение наиболее эффективного для создания исходного посадочного материала.

**Материалы и методы.** В качестве изучаемого материала использованы 5 сортов картофеля отечественной селекции. Для выращивания миниклубней на аэропонных и гидропонных установках использовали *in vitro* материал, полученный в лаборатории. Цикл операций на установках начинался с посадки пробирочных растений на установки без предварительного доращивания. Перед посадкой растения отмывали от агаризованной среды. Во время вегетации растения проходили 3 фазы онтогенеза: фаза адаптации, фаза активного роста, фаза клубнеобразования. Отмечалось столонообразование, начало клубнеобразования и его окончание. Для каждой фазы соблюдались регламентированные условия: продолжительность, фотопериод, температура, pH и состав питательного раствора, режим подачи раствора и электропроводность. Сбор мини-клубней осуществляли при достижении 20-30 мм в диаметре. Клубни просушивали в течение суток и хранили при температуре +3-4°C.

**Результаты и обсуждение.** Получение миниклубней картофеля с использованием современных установок представляет собой перспективный метод ускоренного размножения безвирусного посадочного материала. Данные установки обеспечивают более высокую продуктивность за счет оптимального соотношения количества клубней, их средней массы и скорости созревания, по сравнению с традиционными полевыми методами и технологией *in vitro*.

Использование миниклубней в качестве исходного материала при закладке питомника первого полевого поколения во многом зависит от размера материала.

В таблице 1 приведены результаты фракционного состава миниклубней картофеля сортов Юна, Терра, Легенда, Златка и Сокур в зависимости от их диаметра и средней массы.

Данные свидетельствуют, что наибольшая доля миниклубней у всех сортов приходилась на фракцию **20-25 мм** (3-7,5 г), которая составила от 52,0 до 81,5% в зависимости от сорта и условий выращивания. В то же время значительная часть урожая приходилась и на более мелкую фракцию **15-20 мм** (1,3-3 г), особенно у сортов Терра (68,8% в аэропонных установках) и Сокур (41,5%). Более крупные клубни (25-30 мм и свыше 30 мм) встречались значительно реже, их доля не превышала 16,3%.

Сравнительная характеристика способов получения миниклубней показала существенные различия в их продуктивности и структуре урожая. Наиболее высокие результаты обеспечили аэропонные установки, где формировалось максимальное количество миниклубней: у сорта Златка - 1135 шт., у Сокур - 921 шт., у Легенды – 861 шт. Основная масса продукции приходилась на стандартную фракцию 20-25 мм. Вместе с тем у ряда сортов (Терра, Сокур) наблюдалась высокая доля более мелкой фракции 15-20 мм, что свидетельствует об интенсивном клубнеобразовании и высокой эффективности метода для получения исходного семенного материала.

Гидропонные установки показали меньшую продуктивность по сравнению с аэропонными: у сорта Златка было собрано 584 клубня, у Сокур – 521, у Легенды – 504. При этом распределение по фракциям также характеризовалось преобладанием клубней диаметром 20-25 мм (61,8-81,5%), что свидетельствует о высоком качестве продукции. Однако в отдельных случаях (например, у сортов Юна и Терра) отмечалось увеличение доли мелких клубней при снижении общего выхода. В целом гидропонный метод позволяет получать миниклубни стандартных размеров, однако уступает аэропонному по количественным показателям.

### 1. Распределение фракций миниклубней, полученных на аэроponных и гидропонных установках

| Сорт    | Фракция, мм | Средняя масса 1 клубня, г | Количество клубней |     |      |      | Всего собрано клубней, шт. |      |
|---------|-------------|---------------------------|--------------------|-----|------|------|----------------------------|------|
|         |             |                           | Штук               |     | %    |      | Аэр.*                      | Гп.* |
|         |             |                           | Аэр.               | Гп. | Аэр. | Гп.  |                            |      |
| Юна     | 15-20       | 1,3-3                     | 196                | 59  | 32,0 | 17,3 | 613                        | 340  |
|         | 20-25       | 3-7,5                     | 358                | 277 | 58,4 | 81,5 |                            |      |
|         | 25-30       | 7,5-12                    | 47                 | 4   | 7,7  | 1,2  |                            |      |
|         | Более 30    | 12-25                     | 12                 | 0   | 1,9  | 0    |                            |      |
| Терра   | 15-20       | 1,3-3                     | 309                | 149 | 68,8 | 62,0 | 451                        | 220  |
|         | 20-25       | 3-7,5                     | 105                | 57  | 22,9 | 31,2 |                            |      |
|         | 25-30       | 7,5-12                    | 35                 | 13  | 7,9  | 6,2  |                            |      |
|         | Более 30    | 12-25                     | 2                  | 1   | 0,5  | 0,5  |                            |      |
| Легенда | 15-20       | 1,3-3                     | 295                | 87  | 34,1 | 17,2 | 861                        | 504  |
|         | 20-25       | 3-7,5                     | 527                | 348 | 60,2 | 69,1 |                            |      |
|         | 25-30       | 7,5-12                    | 33                 | 63  | 4,3  | 12,4 |                            |      |

|                                       |          |        |     |     |      |      |      |     |
|---------------------------------------|----------|--------|-----|-----|------|------|------|-----|
|                                       | Более 30 | 12-25  | 6   | 6   | 1,3  | 1,3  |      |     |
| Златка                                | 15-20    | 1,3-3  | 282 | 110 | 24,8 | 16,4 | 1135 | 584 |
|                                       | 20-25    | 3-7,5  | 765 | 338 | 67,7 | 61,8 |      |     |
|                                       | 25-30    | 7,5-12 | 68  | 106 | 5,7  | 16,3 |      |     |
|                                       | Более 30 | 12-25  | 20  | 30  | 1,8  | 5,5  |      |     |
| Сокур                                 | 15-20    | 1,3-3  | 379 | 128 | 41,5 | 23,2 | 921  | 521 |
|                                       | 20-25    | 3-7,5  | 481 | 376 | 52,0 | 73,4 |      |     |
|                                       | 25-30    | 7,5-12 | 50  | 5   | 5,3  | 1,1  |      |     |
|                                       | Более 30 | 12-25  | 11  | 12  | 1,2  | 2,3  |      |     |
| *Аэр. – аэропоника, Гп. – гидропоника |          |        |     |     |      |      |      |     |

В полевых условиях урожайность миниклубней колебалась от 14,1 т/га у сорта Легенда до 27,7 т/га у сорта Златка. Количество клубней на одно растение составило от 6,2 до 11,7 шт., в то время как структура урожая характеризовалась преобладанием фракции 28-60 мм (69,8-79,6%), соответствующей стандартным требованиям к семенному материалу. Доля мелких клубней (0-28 мм) оставалась низкой (0-13%), тогда как крупных (> 60 мм) достигала 29,6% у сорта Юна. Несмотря на высокое качество полученных клубней, полевые условия не обеспечивают стабильности и выравнивания урожая из-за влияния внешних факторов, таких как погодные условия, почвенные особенности и фитосанитарная обстановка (табл. 2).

## 2. Структура урожайности миниклубней в полевых условиях

| Сорт    | Урожайность, т/га | Количество клубней с 1 растения, шт. | Количество клубней по фракциям, % |          |        |
|---------|-------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|----------|--------|
|         |                   |                                      | 0-28 мм                           | 28-60 мм | >60 мм |
| Юна     | 18,1              | 6,6                                  | 0,6                               | 69,8     | 29,6   |
| Сокур   | 24,9              | 10,8                                 | 10,9                              | 78,1     | 11,0   |
| Златка  | 27,7              | 11,7                                 | 13,0                              | 79,6     | 7,4    |
| Легенда | 14,1              | 6,2                                  | 8,6                               | 74,1     | 17,3   |
| Терра   | 20,2              | 7,9                                  | 0                                 | 77,7     | 22,3   |

**Заключение.** Полученные результаты демонстрируют высокую эффективность установок для производства миниклубней картофеля. Удлиненный период вегетации, увеличение фазы клубнеобразования и значительная доля продуктивных фракций миниклубней обеспечивают конкурентные преимущества этой технологии.

Наиболее целесообразно использование аэропонных установок, позволяющих сформировать наибольшее количество клубней оптимальной фракции при минимальном влиянии внешних факторов. Гидропонные установки можно рассматривать как альтернативный вариант с несколько меньшей продуктивностью, тогда как полевые условия более подходят для последующих этапов размножения семенного материала. С практической точки зрения, использование фракции 20-25 мм в качестве посадочного материала для первого полевого поколения позволяет повысить выход стандартной семенной фракции и улучшить экономическую эффективность производства.

### Заявление о конфликте интересов.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### Финансирование.

Работа выполнена при поддержке бюджетного проекта ИЦиГ СО РАН № FWNR-2023-0011.

## Литература

1. Бакунов А.Л. и др. Оценка перспективного гибридного материала картофеля по пластичности, стабильности генотипа и устойчивости к патогенам //Аграрный научный журнал, 2025, № 1. – С. 4-10.
2. Анисимов Б.В., Симаков Е.А., Жевора С.В. Развитие отечественного семеноводства картофеля: организационная структура и регламенты качества (аналитический обзор) //Картофель и овощи, 2022, № 11. – С. 29-34.
3. Хутинаев О.С. и др. Крупномасштабное производство миниклубней в системе оригинального семеноводства картофеля //АгроЭкоИнженерия, 2024, № 2(119). – С. 43-58.
4. Семчук Н.Н. и др. Технология получения и ускоренного размножения здорового посадочного материала растений картофеля (*Solanum tuberosum*) // АгроЭкоИнженерия, 2023, № 1(114). – С. 92-103.
5. Хутинаев О.С. Сравнение продуктивности растений картофеля при выращивании миниклубней в условиях аэрогидропонии и в горшках с почвенным субстратом //Аграрная наука Евро-Северо-Востока, 2023, Т. 24(5). – С. 757-766.

## НАПРАВЛЕНИЯ СЕЛЕКЦИИ ЦИКОРИЯ КОРНЕВОГО

А.В. Корнев<sup>1</sup>, И.В. Смирнова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ВНИИ Овощеводства – филиал ФНЦ Овощеводства, Московская область,  
e-mail: alexandrv@gmail.com

<sup>2</sup>Ростовская опытная станция по цикорию – филиал ФНЦ Овощеводства, Ярославская область

**Аннотация.** Цикорий корневой (*Cichorium intybus* var. *sativum*) – уникальная культура, обладающая очень высокой экологической пластичностью, что позволяет получать высокие урожаи корнеплодов в самых разных почвенно-климатических условиях. Большинство районированных в Центральном регионе России сортов отличаются высокой степенью адаптированности к условиям НЧЗ РФ, где в основном сосредоточено производство цикория, высокой урожайностью и отличными химико-технологическими качествами, но имеют корнеплоды большой длины, из-за чего не отвечают требованиям современных агротехнологий и требуют серьезной селекционной доработки. Селекция цикория корневого направлена на повышение урожайности и качества продукции (высокое содержание инулина, высокие технологические качества, лежкость при длительном хранении), на скороспелость, пригодность к механизированному возделыванию, на устойчивость к болезням и вредителям. Селекцией корневого цикория на протяжении 55 лет занимается Ростовская опытная станция по цикорию (Ярославская область). Сотрудниками станции создано 5 сортов: Ростовский, Петровский, Никольский, Фаворит, Ярославский 1.

**Ключевые слова:** цикорий корневой, селекция, форма корнеплода, инулин.

## DIRECTIONS OF ROOT CHICORY BREEDING

A.V. Kornev<sup>1</sup>, I.V. Smirnova<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ARRIVG – branch of the Federal Scientific Vegetable Center, Moscow region, e-mail: alexandrv@gmail.com

<sup>2</sup>Rostov vegetable experimental station for chicory – branch of the Federal Scientific Vegetable Center, Yaroslavl region

**Abstract.** Chicory root (*Cichorium intybus* var. *sativum*) – a unique crop with very high ecological plasticity, which makes it possible to obtain high yields of root crops in a wide variety of soil and climatic conditions. Most of the varieties zoned in the Central region of Russia are characterized by a high degree of adaptability to the conditions of the National Forest of the Russian Federation, where chicory production is mainly concentrated, high yields and excellent chemical and technological qualities, but they have long root crops, which is why they do not meet the requirements of modern agricultural technologies and require serious breeding refinement. Root chicory breeding is aimed at increasing the yield and quality of products (high inulin content, high technological qualities, shelf life during long-term storage), early ripening, suitability for mechanized cultivation, resistance to diseases and pests. The Rostov Chicory Experimental Station (Yaroslavl region) has been engaged in root chicory breeding for 55 years. The station staff created 5 varieties: Rostovsky, Petrovsky, Nikolsky, Favorit, Yaroslavsky 1.

**Keywords:** chicory root, breeding, root crop shape, inulin.

**Введение.** Цикорий корневой (*Cichorium intybus* var. *sativum*) – уникальная культура, обладающая очень высокой экологической пластичностью, что позволяет получать высокие урожаи корнеплодов в самых разных почвенно-климатических условиях – от экваториальной Африки до севера Нечерноземной зоны России (Ярославская и Костромская области). Корнеплоды цикория используют в пищевом и фармакологическом производствах для получения полисахарида инулина, фруктозо-олигосахаридных сиропов (ФОС) и похожего на кофе напитка, также их можно применять для получения спирта. Муку из сушеных корнеплодов используют в качестве добавки при приготовлении хлебобулочных и кондитерских изделий, экструзионных зерновых продуктов. В фармакологии цикорий используют как сырье для производства интибина (оптимизатор сердечного ритма), продукты переработки корнеплодов входят в состав некоторых гепатопротекторов. Цикорий, как диетический продукт, содержит макро- и микроэлементы, многие водорастворимые витамины, 17 аминокислот, в том числе незаменимые, органические кислоты, цикории, гликозиды. В семенах цикория выявлено повышенное содержание селена [1, 2].



На рубеже XIX-XX в. в Ярославской губернии выращивали несколько тысяч тонн цикория ежегодно. В прошлом цикорий возделывали, в основном, для нужд кондитерской, спиртовой и кофе-цикорной промышленности (для производства напитков). Однако в данный момент цикорий в России почти не выращивается, из-за чего сырье приходится завозить из-за рубежа – чаще всего из Индии и стран Европы (Бельгия, Германия, Франция и другие). Импортное сырье дорого стоит, часто бывает низкого качества и несет в себе риск проникновения в страну карантинных объектов. Кроме того, нестабильная политическая обстановка может создать неожиданные преграды как для перевозки сырья или готовой продукции, так и для самого процесса производства сырья. Поэтому выращивание цикория в промышленных масштабах в России – актуальное и прибыльное направление.

В Государственном реестре сортов и гибридов сельскохозяйственных растений, допущенных к использованию [3] на 2025 г. включено 10 сортов российской и французской селекции: 5 – Ростовской опытной станции по цикорию (РОСЦ), 2 – ВНИИ сахарной свеклы и сахара (ВНИИСС), 3 – Florimond Desprez.

Большинство районированных в Центральном регионе России сортов отличаются высокой степенью адаптированности к условиям НЧЗ РФ, где в основном сосредоточено производство цикория, высокой урожайностью и отличными химико-технологическими качествами, но имеют корнеплоды большой длины, из-за чего не отвечают требованиям современных агротехнологий и требуют серьезной селекционной доработки.

**Материалы и методы.** Исходный материал: сорта, линии, гибридные популяции цикория корневого отечественной и зарубежной селекции. Методы селекции: гибридизация, инбридинг.

**Обсуждение.** Селекция цикория корневого направлена на повышение урожайности и качества продукции (высокое содержание инулина, высокие технологические качества, лежкость при длительном хранении), на скороспелость, пригодность к механизированному возделыванию, на устойчивость к болезням и вредителям. При этом важно сочетание способности корнеплода сохранять размеры и качество при разной густоте стояния растений; корнеплоды должны быть устойчивые к растрескиванию и механическим воздействиям.

В повышении урожайности и улучшении качества первостепенное место принадлежит селекции на гетерозис. Основные направления селекции хозяйственно-ценных признаков цикория корневого.

1. Высокое содержание инулина (более 20%).
2. Урожайность (более 20 т/га в Нечерноземье РФ, более 40 т/га в Черноземье РФ).
3. Скороспелость (получение ранне-, средне- и позднеспелых сортов для создания конвейера продукции) и высокая лежкость при хранении (более 90%).
4. Форма корнеплода (конусовидная форма предпочтительна при механизированной уборке).
5. Устойчивость к болезням и вредителям (церкоспороз, ризомания и проволочник, нематода).

Селекционерами создано несколько различных сортов, различающихся по форме. Самые распространенные из них – цилиндрическая (веретеновидная) и коническая. Корнеплоды цилиндрической формы требуют высокой технологии выращивания, хорошо структурированных почв. Конусовидная форма корнеплода пригодна для выращивания на любых типах почвы.



**Формы корнеплода цикория корневого**

Потребители и производители отдают предпочтение сортам с однородными и гладкими корнеплодами с хорошей лежкоспособностью, пригодным для различных типов использования. Важное внимание уделяется биотическим угрозам, так как болезни и вредители могут серьезно снизить уровень и товарность урожая. Цикорий корневой по своей биологии лучше развивается в условиях умеренного климата. Если объемы производства продукции необходимо увеличить, то культуру в значительной мере надо возделывать в более теплых регионах страны. Целесообразно развертывание селекционной работы в других географических зонах РФ – Юг, Урал, Сибирь и Дальний Восток. Возможно, дополнительным направлением в селекции будет выведение сортов с жаро- и засухоустойчивостью.

В странах Европы прикладными исследованиями по селекции цикория корневого и последующей реализацией семян занимаются частные селекционно-семеноводческие компании. Для обеспечения более высокой конкурентоспособности своих сортов компании запрещают своим селекционерам публиковать в научной литературе результаты своих исследований и методические разработки. Также осложнено получение семян цикория корневого разных сортов из-за рубежа для создания коллекции, последующего отбора и вовлечения в селекционную работу.

Практически вся селекционная работа с цикорием корневым ведется в двух государственных учреждениях – Ростовская опытная станция по цикорию (РОСЦ) и ВНИИ Сахарной свеклы имени А.Л. Мазлумова. Сотрудники РОСЦ занимаются селекцией корневого цикория на протяжении 55 лет, ими создано 5 сортов: Ростовский, Петровский, Никольский, Фаворит, Ярославский 1.

В настоящее время имеются только сорта (сортоселекция), в дальнейшем необходимо переходить на создание линий, изучить их по признакам и свойствам в различных зонах и использовать для гибридизации с минимальными ошибками и сокращением сроков выведения наиболее подходящих гибридов для соответствующих зон.

С ростом органического производства требуются сорта цикория корневого, приспособленные к уникальным условиям выращивания на органических фермах, которые лишь в отчасти совпадают с теми, которые встречаются на обычных технологиях. Например, отсутствие средств химической борьбы в органическом производстве усложняет задачу борьбы с сорняками, вредителями и болезнями. Целенаправленной селекции цикория корневого в России для выращивания по органической технологии не ведется. Органические фермеры самостоятельно испытывают и отбирают для своих нужд такие сорта.

В дополнение к селекции на современном этапе следует продолжить исследования по генетике, биотехнологии и биохимии цикория корневого.

Один из важных вопросов цикороводства – организация семеноводства оригинального (первичного) и товарного.

### Заключение

Таким образом, исходя из требований современных агротехнологий, ведется селекционная работа по созданию сортов цикория корневого с улучшенными морфологическими и биохимическими характеристиками, пригодных для выращивания на различных типах почвы и для различных типов использования и переработки.

### Заявление о конфликте интересов.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### Литература

1. Еланский С.Н., Астайкина А.А., Верховцева Н.В. и др. Цикорий корневой: выращивание, защита, переработка. – М.: РУДН, 2025. – 96 с.
2. Маврина П.О., Сайбель О.Л., Маланкина Е.Л. Возможности использования листьев культивируемого цикория обыкновенного (*Cichorium intybus* L.) в качестве лекарственного растительного сырья (обзор) // Овощи России, 2021, Т. 4. – С. 105-110.  
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-4-105-110>
3. Государственный реестр сортов и гибридов сельскохозяйственных растений, допущенных к использованию. Том 1. Сорта растений. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2025. – 484 с.

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЫМОВЫХ ШАШЕК ПРОИЗВОДСТВА ООО «ПИРОСПЕЦЭФФЕКТ» ДЛЯ ДЕЗИНФЕКЦИИ КАРТОФЕЛЕХРАНИЛИЩ И ОБРАБОТКИ КЛУБНЕЙ ПЕРЕД ЗАКЛАДКОЙ НА ХРАНЕНИЕ

К.С. Кривонос<sup>1</sup>, Г.В. Локшин<sup>1</sup>, В.Н. Зейрук<sup>2</sup>, Г.Л. Белов<sup>2</sup>,  
С.В. Мальцев<sup>2</sup>, Е.М. Чудинова<sup>3</sup>, С.Н. Еланский<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup>ООО «Пироспецэффект», Московская область, e-mail: krivonos@pyrofx.ru

<sup>2</sup>ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха», Московская область

<sup>3</sup>Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, Москва

<sup>4</sup>Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва

**Аннотация.** Испытания дезинфицирующих дымовых шашек «InfectoMAX ортофенилфенол» и «InfectoMAX параформальдегид» показали их высокую эффективность в отношении грибов и бактерий при обработке картофелехранилищ перед закладкой клубней. Применение «InfectoMAX ортофенилфенол» и «AromaMAX живица» для обработки клубней перед закладкой на хранение показало слабый положительный эффект в отношении снижения пораженности клубней болезнями и уменьшения потерь при хранении.

**Ключевые слова:** картофель, ризоктониоз, сухая гниль, парша обыкновенная, дымовые шашки, ортофенилфенол, параформальдегид, скипидар, *Fusarium*.

## EFFICACY OF DISINFECTANT SMOKE GENERATORS PRODUCED BY LLC «PIROSPETSEFFEKT» FOR DISINFECTING POTATO STORAGE FACILITIES AND TREATING TUBERS BEFORE STORAGE

K.S. Krivonos<sup>1</sup>, G.V. Lokshin<sup>1</sup>, V.N. Zeyruk<sup>2</sup>, G.L. Belov<sup>2</sup>, S.V. Maltsev<sup>2</sup>, E.M. Chudinova<sup>3</sup>, S.N. Elansky<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup>LLC «Pirospetseffekt», Podolsk, Moscow Region, e-mail: krivonos@pyrofx.ru

<sup>2</sup>Russian Potato Research Centre, Moscow region

<sup>3</sup>Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, Moscow

<sup>4</sup>Lomonosov Moscow State University, Moscow

**Abstract.** Tests of the disinfectant smoke generators «InfectoMAX orthophenylphenol» and «InfectoMAX paraformaldehyde» demonstrated their high effectiveness against fungi and bacteria when used in potato storage facilities before product loading. The use of «InfectoMAX orthophenylphenol» and «AromaMAX zhivitsa» for treating tubers before storage showed a slight positive effect in reducing tuber disease incidence and storage losses.

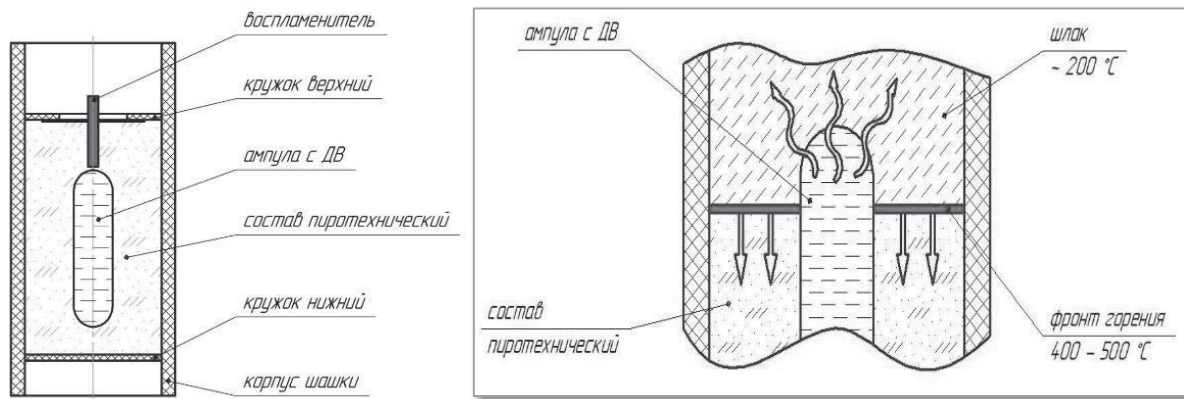
**Keywords:** potato, black scab, dry rot, common scab, fumigant blocks, orthophenylphenol, paraformaldehyde, turpentine, *Fusarium*.

**Введение.** Картофелеводство – одна из самых доходных отраслей рыночной аграрной экономики. При урожайности в 250 ц клубней каждый картофельный гектар дает прибыль в 1,5-2,0 раза больше любой другой культуры [1]. Основными задачами в области производства картофеля являются сокращение потерь при хранении картофеля, сохранение его качества и пригодности к переработке в течение всего срока использования. Размножение микроорганизмов на овощах в процессе их длительного хранения приводит к значительным (более 50%) потерям сырья, сокращению сроков их хранения, утрате товарного вида и изменению вкусовых качеств. Помимо потерь урожая и изменения химического состава некоторые виды грибов загрязняют продукцию токсинами [2-4].

В борьбе с фитопатогенными грибами при хранении картофеля необходимо осуществлять комплекс защитных мероприятий, начиная с подготовки почвы и семенного материала к посадке, затем при уходе за растениями, в периоды предуборочной, уборочной и послеуборочной доработки клубней, и непосредственно при их хранении.

**Цель работы** – изучить влияние двух химических и одного растительного препаратов на жизнеспособность грибов и бактерий и на сохранность клубней картофеля.





Устройство ампульной шашки

**Материалы и методы.** Объект исследований – средства защиты картофеля от болезней «InfectoMAX ортофенилфенол», «InfectoMAX параформальдегид» и «АгромаMAX живица» производства ООО «Пироспецэффект», содержащие в качестве действующего вещества (ДВ) ортофенилфенол, параформальдегид и скипидар, соответственно.

Средства представляют собой дымовые шашки весом от 40 до 750 г с запатентованной ампульной технологией (патент RU 2770933). ДВ заключено в терморазрушаемую ампулу и устойчиво к пиролизу (рисунк). Эмпирический коэффициент возгонки ДВ достигает 60-80%. Изучение эффективности фумигирующих средств проводили в 2024-2025 гг. на базе ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр картофеля имени А.Г. Лорха». Исследование средств «InfectoMAX ортофенилфенол» и «InfectoMAX параформальдегид» проводили в пустых хранилищах объемом 9000 м<sup>3</sup> каждое (п. Ильинское, г.о. Домодедово, Московская область) до закладки продукции с целью оценки подавления бактериальной и грибной контаминации. Фумигацию шашками на ортофенилфеноле проводили из расчета 6 банок на хранилище (0,00625 г/м<sup>3</sup>) по 240 г каждая (20 г ДВ на банку); на параформальдегиде – 6 банок на хранилище (0,025 г/м<sup>3</sup>) по 750 г каждая (80 г ДВ на банку). До обработки и через 3 суток после обработки проводили отбор проб с площади 50 см<sup>2</sup> с пола (земля на бетоне), кирпичной и деревянной стен. Образцы отбирали стерильной ватной палочкой, которую сразу после пробоотбора помещали в стерильный физраствор (7 мл). В лаборатории пробы разводили в физрастворе (отобранные до обработки – в 280 000 раз, отобранные после – в 700 раз), после чего 1 мл разведенного раствора наносили на подложки (MicroFast® Aerobic Count Plate для бактерий и Microfast® Yeast & Mold Count Plate для грибов, производство Meizheng (Perkin Elmer Group)). Учет КОЕ (колониеобразующая единица) проводили на 4 сутки инкубации в темноте при 25°C. В качестве контроля использовали тот же стерильный физраствор, что и для смывания с палочек после пробоотбора.

Изучение биологической эффективности фумигирующих средств «InfectoMAX ортофенилфенол» и «АгромаMAX живица» проводили на картофеле сортов «Гранд» и «Вымпел» в период хранения (д.п. Красково, г.о. Люберцы, Московская область) в соответствии с утвержденными методиками. Норма расхода средств – 1 банка весом 40 г на помещение 27 м<sup>3</sup>, содержащая в себе 0,5 г ортофенилфенола (0,00652 г/м<sup>3</sup>) или 0,25 г скипидара (0,003125 г/м<sup>3</sup>). В помещении россыпью на полу находились клубни испытуемых сортов картофеля.

После обработки клубней препаратом и водой (контроль) их засыпали в сетки по 5 кг. Для каждого варианта опыта использовали по 4 сетки. Сетки помещали в насыпь картофеля в контейнере на глубину 40-45 см от поверхности. Условия хранения: температура 6-8°C при относительной влажности воздуха 90,0-95,0%. Оценку развития фитопатогенных организмов проводили визуально перед закладкой на хранение (16.10.2024) и после хранения (17.04.2025).

Эффективность изучаемых средств оценивали по следующим показателям:

- распространенность болезней клубней картофеля при хранении по счету (согласно ГОСТ 33996-2016 «Картофель семенной. Технические условия и методы определения качества, М., 2016») [7];
- убыль массы по показателям абсолютная гниль, технические отходы, естественная убыль [5, 6].

**Результаты и обсуждение.** Полученные результаты по изучению средств «InfectoMAX ортофенилфенол» и «InfectoMAX параформальдегид» в хранилище до закладки продукции представлены в таблице 1.

Как видно из представленных результатов, оба средства показали высокую эффективность в подавлении бактериальной и грибной инфекции при обработке пустых картофелехранилищ. При применении шашки на ортофенилфеноле количество бактерий на полу снизилось с 96880 до 420 тыс. КОЕ, на деревян-



ных и кирпичных поверхностях стен – с 14560 до 28 тыс. КОЕ и с 3360 до 13 тыс. КОЕ, соответственно. Наблюдалось и значительное подавление грибной контаминации: на полу – с 4200 до 3 тыс. КОЕ, на деревянных и кирпичных поверхностях – с 840 до 9,8 тыс. КОЕ и с 1960 до 23 тыс. КОЕ, соответственно.

1. Число КОЕ на элементах картофелехранилища до и после обработки  
пирогенными дезинфектантами

| Тестируемая<br>поверхность        | InfectoMAX<br>ортофенилфенол                           |                 | InfectoMAX<br>параформальдегид |                 |
|-----------------------------------|--------------------------------------------------------|-----------------|--------------------------------|-----------------|
|                                   | Число КОЕ* на 50 см <sup>2</sup> поверхности, тыс. шт. |                 |                                |                 |
|                                   | до обработки                                           | после обработки | до обработки                   | после обработки |
| Бактерии                          |                                                        |                 |                                |                 |
| Пол (земля на бетоне)             | 96880                                                  | 420             | 23520                          | 179             |
| Стена дерево                      | 14560                                                  | 28              | 13160                          | 107             |
| Стена кирпич                      | 3360                                                   | 13              | -                              | -               |
| Контроль                          | 0                                                      | 0               | 0                              | 0               |
| Грибы                             |                                                        |                 |                                |                 |
| Пол (земля на бетоне)             | 4200                                                   | 3               | 53760                          | 315             |
| Стена дерево                      | 840                                                    | 10              | 36960                          | 259             |
| Стена кирпич                      | 1960                                                   | 23              | -                              | -               |
| Контроль                          | 0                                                      | 0               | 0                              | 0               |
| * КОЕ – колониеобразующая единица |                                                        |                 |                                |                 |

При применении шашки на параформальдегиде количество бактерий и грибов на поверхности пола снизилось с 23520 до 179 тыс. КОЕ и с 53760 до 315 тыс. КОЕ, на деревянных поверхностях – с 13160 до 170 тыс. КОЕ и с 39960 до 259 тыс. КОЕ, соответственно. Таким образом, оба исследованных пиротехнических средства показали очень хороший результат.

Результаты проведенных исследований по изучению биологической эффективности фумигирующих средств «InfectoMAX ортофенилфенол» и «AromaMAX живица» (данные учетов и рассчитанная на их основе биологическая эффективность) на клубнях картофеля при хранении представлены в таблицах 2-4.

2. Результаты клубневого анализа при закладке на хранение (16.10.2024)

| Поражено клубней болезнями, % |             |             |                    | Повреждения     |              |
|-------------------------------|-------------|-------------|--------------------|-----------------|--------------|
| Всего                         | Ризиктониоз | Сухая гниль | Парша обыкновенная | с/х вредителями | механические |
| сорт Вымпел                   |             |             |                    |                 |              |
| 5,6                           | 5,6         | 0,0         | 0,0                | 1,0             | 1,5          |
| сорт Гранд                    |             |             |                    |                 |              |
| 16,0                          | 15,5        | 0,0         | 0,5                | 1,7             | 2,1          |

3. Результаты весеннего клубневого анализа клубней (17.04.2025)

| Вариант опыта               | Поражено клубней болезнями, % по количеству |             |             |              |       |
|-----------------------------|---------------------------------------------|-------------|-------------|--------------|-------|
|                             | Парша обыкновенная                          | Ризиктониоз | Сухая гниль | Мокрая гниль | Всего |
| сорт Вымпел                 |                                             |             |             |              |       |
| Контроль                    | 0                                           | 5,9         | 2,2         | 0            | 8,1   |
| «InfectoMAX ортофенилфенол» | 0                                           | 5,02        | 0,7         | 0            | 5,7   |
| «AromaMAX живица»           | 0                                           | 4,96        | 0,4         | 0            | 5,4   |
| сорт Гранд                  |                                             |             |             |              |       |
| Контроль                    | 0                                           | 15,8        | 1,98        | 0            | 17,8  |
| «InfectoMAX ортофенилфенол» | 0                                           | 15,1        | 1,98        | 0            | 17,1  |
| «AromaMAX живица»           | 0,7                                         | 15,1        | 2,1         | 0            | 17,9  |

4. Потери веса клубней после периода хранения (17.04.2025)

| Вариант опыта | Потери, % по весу  |                    |                  |        |       |
|---------------|--------------------|--------------------|------------------|--------|-------|
|               | Естественная убыль | Технические отходы | Абсолютная гниль | Ростки | Всего |
| сорт Вымпел   |                    |                    |                  |        |       |

|                             |     |      |     |      |       |
|-----------------------------|-----|------|-----|------|-------|
| Контроль                    | 3,4 | 7,9  | 0,0 | 11,6 | 22,9  |
| «InfectoMAX ортофенилфенол» | 4,0 | 8,2  | 0,0 | 9,9  | 22,1  |
| «AromaMAX живица»           | 4,0 | 4,3  | 0,0 | 12,1 | 20,4  |
| <b>сорт Гранд</b>           |     |      |     |      |       |
| Контроль                    | 2,3 | 19,1 | 0,0 | 4,6  | 26,0  |
| «InfectoMAX ортофенилфенол» | 2,8 | 16,3 | 0,0 | 6,8  | 25,91 |
| «AromaMAX живица»           | 2,7 | 18,5 | 0,1 | 4,3  | 25,6  |

По результатам весеннего клубневого анализа выявлено существенное различие по влиянию тестируемых препаратов на клубни двух исследованных сортов картофеля. На сорте Вымпел в вариантах с применением средств «InfectoMAX ортофенилфенол» и «AromaMAX живица» снижение пораженности сухой гнилью составило в 3,1 и 5,5 раз соответственно (табл. 3). Биологическая эффективность изученных средств составила 68,2 и 81,8%. Отмечено снижение поражения грибами рода *Fusarium* (сухая гниль клубней) с 2,2% в контроле до 0,7 и 0,4% при использовании шашек «InfectoMAX ортофенилфенол» и «AromaMAX живица» соответственно. На сорте Гранд использование тестируемых шашек не показало статистически достоверного снижения пораженности клубней.

Общие потери урожая на сорте Вымпел за период хранения к концу апреля на вариантах с применением средств «InfectoMAX ортофенилфенол» и «AromaMAX живица» составили 22,1 и 20,4% соответственно, что ниже на 0,8 и 2,5% чем в контроле (табл. 4). Снижение шло в основном за счет уменьшения количества технических отходов. На сорте «Гранд» снижение общих потерь оказалось незначительным и составляло 0,1-0,4%. В целом, применение дезинфицирующих шашек не оказало статистически достоверного влияния на потери веса клубней при хранении.

**Заключение.** На основании испытаний можно сделать вывод о том, что дымовые шашки «InfectoMAX ортофенилфенол» и «InfectoMAX параформальдегид» производства ООО «Пироспецэффект» высокоэффективны для подавления бактериальной и грибной микрофлоры при обработке свободных от продукта хранения картофелехранилищ. «InfectoMAX ортофенилфенол» и «AromaMAX живица» могут быть использованы для фумигации клубней картофеля перед закладкой на длительное хранение, однако эффективность их действия нуждается в дополнительной проверке и уточнении регламентов применения.

#### Заявление о конфликте интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### Финансирование.

Исследование выполнено при частичной поддержке Российского Научного Фонда (грант № 23-16-00048).

#### Литература

1. Лукиных М.И., Чугунова О.В., Заворохина Н.В. Рынок картофеля и оценка качества различных сортов картофеля при их кулинарной обработке // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания, 2023, № 4. – С. 176-183.
2. Машанов А.И., Бышко Н.А. Идентификация и характеристика патогенных грибов, поражающих клубни картофеля при хранении // Вестник КрасГАУ, 2012, № 5(68). – С. 423-426.
3. Зейрук В.Н., Белов Г.Л., Васильева С.В. и др. Защита картофеля при хранении // Достижения науки и техники АПК, 2022, Т. 36(2). – С. 27-31.
4. Белов Г.Л., Зейрук В.Н., Мальцев С.В., и др. Хозяйственная и биологическая эффективность осенней обработки клубней картофеля // Агрохимический вестник, 2024, № 3. – С. 83-90.
5. Пшеченков К.А., Мальцев С.В., Сазонова З.В. Методические рекомендации по технологии хранения различных сортов картофеля. – М.: ВНИИКС, 2015. – 44 с.
6. Жевора С.В., Федотова Л.С., Старовойтов В.И. и др. Методика проведения агротехнических опытов, учетов, наблюдений и анализов на картофеле.. – М.: ВНИИКС, 2019. – 120 с.
7. Межгосударственный стандарт ГОСТ 33996-2016 Картофель семенной. Технические условия и методы определения качества. – М., 2016. – 41 с.

## ПРИМЕНЕНИЕ ИНСЕКТИЦИДНОГО СРЕДСТВА «PROXIDER BIO» ПРОИЗВОДСТВА ООО «ПИРОСПЕЦЭФФЕКТ» В БОРЬБЕ С КОЛОРАДСКИМ ЖУКОМ

К.С. Кривонос<sup>1</sup>, Г.В. Локшин<sup>1</sup>, Г.Л. Белов<sup>2</sup>, В.Н. Зейрук<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ООО «Пироспецэффект», Московская область, e-mail: krivonos@pyrofx.ru

<sup>2</sup>ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха», Московская область

**Аннотация.** Проведены полевые испытания средства на основе низкодисперсного маршалита и гидрофильного диоксида кремния «PROXIDER BIO». Показана его биологическая эффективность против колорадского жука на всех стадиях развития.

**Ключевые слова:** картофель, диоксид кремния, биологическая эффективность, колорадский жук.

## EFFICACY OF INSECTICIDAL AGENT «PROXIDER BIO» PRODUCED BY LLC «PIROSPETSEFFEKT» AGAINST COLORADO POTATO BEETLE

K.S. Krivonos<sup>1</sup>, G.V. Lokshin<sup>1</sup>, G.L. Belov<sup>2</sup>, V.N. Zeyruk<sup>2</sup>

<sup>1</sup>LLC «Pirospetseffekt», Podolsk, Moscow Region, e-mail: krivonos@pyrofx.ru

<sup>2</sup>Russian Potato Research Centre, Moscow region

**Abstract.** This field study demonstrated the efficacy of a product based on low-dispersion marshalite and hydrophilic silicon dioxide «PROXIDER BIO» against colorado potato beetle. Its biological effectiveness against the Colorado potato beetle has been shown at all stages of development.

**Keywords:** potato, silicon dioxide, biological effectiveness, fleas, Colorado potato beetle.

**Введение.** Уже многие десятилетия неотъемлемой составляющей при выращивании картофеля является интенсивная борьба с колорадским жуком. Численность колорадского жука растет из года в год. Этому способствует продолжительный теплый период, мягкая зима, большая посевная площадь повреждаемых им культур и высокая плодовитость вредителя. В основном борьба с колорадским жуком заключается в обработке полей инсектицидами [1, 2]. Это достаточно дорогостоящая операция, оказывающая отрицательное влияние на растения и почву, ухудшающая экологическую обстановку, что сказывается на здоровье человека [3, 4]. Многолетнее бесменное использование одних и тех же средств и методов их применения формируют в среде обитания вредителей так называемый фактор отбора, который неизбежно приводит к формированию резистентного фенотипа в популяции. В связи с этим в настоящее время большое внимание уделяют разработке альтернативных инсектицидных средств на основе неорганических веществ природного происхождения. Таковыми являются гидрофильный диоксид кремния и маршалиты.

Интерес, проявляемый к изучению кремниевых пород, в значительной степени определяется их полезными качествами. Эти породы обладают широким диапазоном ценных свойств и применяются во многих отраслях промышленности: в сферах сельского хозяйства, в растениеводстве и животноводстве, как прекрасный адсорбент, удобрение, подкормка для животных и птиц, инсектицид для борьбы с вредителями плодовых и декоративных растений и зерна и др.

Основным механизмом действия средств на основе неорганических веществ на насекомых является повреждение эпикутикулы (наружного слоя кутикулы насекомых) частицами, имеющими острые края и способными растворять липиды и воскоподобные вещества, что приводит к быстрой гибели насекомых от десикации (потери влаги).

**Цель работы** – провести оценку эффективности средства на основе неорганических веществ природного происхождения против колорадского жука на картофеле в условиях Московской области.

**Материалы и методы.** Объект исследований – средство «PROXIDER BIO» производства ООО «Пироспецэффект», представляющее собой смесь низкодисперсного маршалита и гидрофильного диоксида кремния в форме дуста (запатентованная инсектицидная композиция, патент RU 2 783 683 C1).

Изучение эффективности средства проводили в 2024 г. на базе ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха (экспериментальное поле, д.п. Красково, г.о. Люберцы, Московская область) в условиях почвенно-

климатической зоны подзолистых и дерново-подзолистых почв таежно-лесной области РФ. В экспериментах использовали сорт картофеля Сантэ.

Опытный участок имел естественный фон заселения фитофагами. На экспериментальном поле колорадский жук присутствовал на растениях картофеля от всходов до скашивания ботвы, от очажной до сплошной распространенности и развивался в полутора-двух генерациях: первая – полная, вторая – частично от яйцекладок до личинок четвертого возраста, появления имаго летней генерации (второго поколения). Площадь опытных делянок составляла 25 м<sup>2</sup> (100 клубней картофеля), повторность опытов трехкратная. Исследования проведены в соответствии с утвержденными методиками [4, 5].

Норма расхода средства «PROXIDER BIO» составляла 10 г/м<sup>2</sup>. Для сравнения и оценки биологической эффективности средства «PROXIDER BIO» параллельно проводили обработку делянок средством «Скутум, СК» (действующее вещество фипронил, 250 г/л), производства АО «Август» в норме расхода 0,07 л/га согласно инструкции по применению. В контрольном варианте растения картофеля на делянках не обрабатывали.

На опытном поле в период проведения обработок температура воздуха составляла 21,53°C, относительная влажность – 85,3%. Первые осадки (7,3 мм) выпали через 11 часов.

Первую обработку растений картофеля (рис. 1) проводили при достижении численности личинок колорадского жука до уровня экономического порога вредоносности: 7-10% и более заселенных кустов с численностью 15 и более особей. Численность популяции личинок колорадского жука учитывали перед обработкой, а далее через 1, 3, 7 и 14 суток после обработки. Степень потери растений листовой поверхности от вредителя по вариантам опыта оценивали через 7 суток после обработки.

Биологическую эффективность (БЭ) средств оценивали по снижению численности живых личинок всех возрастов и рассчитывали по формуле Аббота (1925):

$$БЭ = (a - б) / a \times 100,$$

где: а – количество живых личинок перед обработкой, экз. на 1 учетный куст; б – количество живых личинок после обработки, экз. на 1 учетный куст.



Рис. 1. Обработка опытных делянок

**Результаты и обсуждение.** Полученные результаты по биологической эффективности средства «PROXIDER BIO» против колорадского жука представлены в таблице 1 и на рисунке 2.

#### Влияние средства «PROXIDER BIO» на численность колорадского жука на посадках картофеля

| Вариант опыта     | Среднее число имаго и личинок 1-4 возраста, шт. |                                  |      |      |       | Снижение численности имаго и личинок относительно исходной*, % |      |      |      | Снижение повреждаемости ботвы, % |
|-------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------|------|------|-------|----------------------------------------------------------------|------|------|------|----------------------------------|
|                   | до обработки                                    | по суткам учетов после обработки |      |      |       |                                                                |      |      |      |                                  |
|                   |                                                 | 1                                | 3    | 7    | 14    | 1                                                              | 3    | 7    | 14   |                                  |
| «PROXIDER BIO»    | 55,0                                            | 14,9                             | 14,9 | 15,2 | 52,6  | 74,3                                                           | 74,3 | 74,2 | 50,2 | 86,7                             |
| «Скутум» (эталон) | 57,7                                            | 0                                | 0    | 0    | 0     | 100                                                            | 100  | 100  | 100  | 93,9                             |
| Чистый контроль   | 39,0                                            | 58,0                             | 58,0 | 59,0 | 103,0 | -                                                              | -    | -    | -    | -                                |

\*с поправкой на контроль по суткам учетов после обработки.

\*с поправкой на контроль по суткам учетов после обработки.



Из данных таблицы видно, что однократная обработка средством «PROXIDER BIO» ботвы картофеля в период массового появления имаго и личинок колорадского жука через сутки снизила численность вредителя на 74,3%, что всего лишь в 1,3 раза меньше, чем при обработке средством «Скутум». При учете на третьи и седьмые сутки эффективность осталась на том же уровне. Период защитного действия средства сохранялся до 14 суток после обработки. Через 14 суток эффективность снизилась и составляла 50,2%, что в 1,9 раз меньше по сравнению с эталоном.

Обработка средством «PROXIDER BIO» обеспечила существенную сохранность ассимиляционной поверхности растений картофеля, повреждаемость ботвы снизилась на 86,7% (в эталоне 93,9%). Визуально отрицательного действия средства на растения культуры не выявлено.



**Рис. 2. Обработанные растения средством «PROXIDER BIO»**  
(слева – сразу после обработки, справа – через сутки после обработки)

**Закключение.** Стандартная схема применения химических препаратов не всегда целесообразна по фитосанитарным, экологическим и экономическим показателям, к тому же постоянное и многолетнее использование одних и тех же веществ может вызвать появление резистентных популяций вредителей. По результатам двухлетних полевых испытаний средство «PROXIDER BIO» показало значительное инсектицидное действие на имаго и личинок колорадского жука, не имея в своем составе пестицидов химического происхождения. Применение средств на основе гидрофильного диоксида кремния и маршалита с неограниченным сроком действия и хранения позволит в дальней перспективе заменить токсичные пестициды.

#### **Заявление о конфликте интересов**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### **Литература**

1. *Vasileva S.V., Zeyruk V.N., Derevyagina M.K., Belov G.L., Maltsev S.V.* Efficiency of pre-plant treatment of potato tubers against basic phytophages in the central region of Russia // *Research on Crops*, 2021, V. 22S. С. 67-71.
2. *Зейрук В.Н., Васильева С.В., Новикова И.И., Белякова Н.А., Деревягина М.К., Белов Г.Л.* Перспективы развития экологических приемов защиты картофеля от болезней и вредителей // *Аграрная наука*, 2019, № S3. – С. 54-59.
2. *Дубровин Н.К., Байрамбеков Ш.Б., Корнева О.Г.* Защита картофеля от колорадского жука в Нижнем Поволжье // *Орошаемое земледелие*, 2016, № 3. – С. 23-24.
3. *Киселев Н.В., Родионов Ю.В.* Перспективные способы защиты картофеля от колорадского жука // *Вестник научных конференций*, 2015, № 4-3(4). – С. 56-57.
4. *Жевора С.В., Федотова Л.С., Старовойтов В.И.* и др. Методика проведения агротехнических опытов, учетов, наблюдений и анализов на картофеле. – М.: ФГУП «Издательство «Наука», 2019. – 120 с. EDN: DMROXP.
5. *Долженко В.И., Лаптев А.Б., Голубев А.С.* и др. Методические указания по регистрационным испытаниям пестицидов в части биологической эффективности. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2023. – 60 с.

## СНИЖЕНИЕ ВРЕДНОСНОСТИ АЛЬТЕРНАРИОЗА КАРТОФЕЛЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ФУНГИЦИДОВ

М.А. Кузнецова, В.Н. Демидова, И.Н. Семенюк, Т.И. Сметанина,  
М.Д. Ерохова, Н.В. Стацюк, А.Н. Рогожин  
ВНИИ фитопатологии, Московская область, e-mail: mari.kuznetsova@gmail.com

**Аннотация.** Представлены результаты испытаний химических препаратов: Миравис, КС (0,35 л/га, д.в. пидифлуметофен), Сигнум, ВДГ (0,3 кг/га, д.в. боскалид + пираклостробин) и Пеннкоцеб, СП (1,6 кг/га, д.в. манкоцеб) против альтернариоза картофеля в полевых условиях Московской области. В условиях эпифитотийного развития болезни максимально высокую биологическую эффективность защиты (85%) показал препарат Миравис, КС; эффективность остальных препаратов составила 74 (Сигнум ВДГ) и 56% (Пеннкоцеб, СП). Прибавка урожая и повышение товарности клубней по сравнению с контролем составили: Миравис, КС – 14 т/га и 21%; Сигнум, ВДГ – 12 т/га и 20%; Пеннкоцеб, СП – 8 т/га и 15%.

**Ключевые слова:** альтернариоз, *Alternaria solani*, фунгициды, биологическая эффективность, урожайность, картофель.

## REDUCTION OF THE POTATO EARLY BLIGHT SEVERITY USING MODERN FUNGICIDES

M.A. Kuznetsova, V.N. Demidova, I.N. Semeniuk, T.I. Smetanina,  
M.D. Erokhova, N.V. Statsyuk, A.N. Rogozhin  
All-Russian Research Institute of Phytopathology, Moscow region, e-mail: mari.kuznetsova@gmail.com

**Abstract.** The results of field trials conducted in the Moscow Region to evaluate the efficacy of chemical fungicides Miravis, SC (0.35 L/ha, a.i. pydiflumetofen), Signum, WG (0.3 kg/ha, a.i. boscalid + pyraclostrobin), and Penncozeb, WP (1.6 kg/ha, a.i. mancozeb) against potato early blight are presented. Under epiphytotic conditions, the highest biological efficacy (85%) was demonstrated by Miravis, SC. The efficacy of the other preparations reached 74 (Signum, WG) and 56% (Penncozeb, WP). The increase in the yield and marketable tuber fraction compared to the control were the following: Miravis, SC – 14 t/ha and 21%; Signum, WG – 12 t/ha and 20%; Penncozeb, SP – 8 t/ha and 15%, respectively.

**Keywords:** potato early blight, *Alternaria solani*, fungicides, biological efficiency, yield, potato.

**Введение.** Альтернариоз картофеля в настоящее время является одним из наиболее распространенных и вредоносных заболеваний; по данным ряда исследователей, связанные с ним потери урожая составляют более 30% [1, 2]. Эта болезнь ассоциируется с различными видами грибов рода *Alternaria*, но большинство исследователей полагают, что *Alternaria solani* в большей мере обладает паразитарными свойствами и вызывает преждевременное отмирание растений картофеля и, соответственно, недобор урожая [3, 4].

Вредоносность альтернариоза можно уменьшить методами интегрированной защиты картофеля, включающими в т.ч. применение современных химических средств [5]. При выращивании восприимчивых к альтернариозу сортов картофеля в условиях, благоприятных для развития болезни, надежную защиту может обеспечить только химический метод. Применение одних и тех же препаратов способствует появлению резистентных штаммов патогена [6]. В этой связи в мировой практике постоянно ведется поиск новых высокоэффективных фунгицидов для снижения вредоносности этой болезни.

**Цель исследования** – оценка биологической эффективности нового фунгицида Миравис, КС (д.в. пидифлуметофен) в сравнении с эталонными фунгицидами в условиях искусственного инфекционного фона альтернариоза (возбудитель *A. solani*).

**Материалы и методы.** Исследования проводили в 2019–2021 гг. в Одинцовском районе Московской области на восприимчивом к альтернариозу сорте картофеля Удача. Искусственный инфекционный фон (уровень эпифитотии) создавали путем внесения на поле инокулюма – зерен ячменя, искусственно зараженных агрессивным изолятом *A. solani* [7].

Погодные условия в Московской области в годы испытаний фунгицидов были благоприятными для развития альтернариоза (таблица).

**Метеорологические данные периодов вегетации картофеля за 2019-2021 гг.  
(по данным метеостанции ВНИИФ, Московская область)**

| Основные<br>показатели | Месяц/декада                       |      |      |         |      |      |         |      |      |        |      |      |
|------------------------|------------------------------------|------|------|---------|------|------|---------|------|------|--------|------|------|
|                        | Май                                |      |      | Июнь    |      |      | Июль    |      |      | Август |      |      |
|                        | 1                                  | 2    | 3    | 1       | 2    | 3    | 1       | 2    | 3    | 1      | 2    | 3    |
|                        | Температура воздуха, °С            |      |      |         |      |      |         |      |      |        |      |      |
| Среднемноголетняя      | 10,7                               | 12,1 | 13,6 | 15,2    | 16,1 | 16,8 | 17,2    | 17,8 | 17,6 | 17,2   | 15,6 | 16,1 |
| Среднее                | 12,3                               |      |      | 16,0    |      |      | 17,4    |      |      | 16,3   |      |      |
| 2019 г.                | 13,0                               | 15,3 | 18,1 | 20,0    | 19,0 | 17,4 | 15,5    | 15,0 | 17,5 | 13,6   | 17,1 | 16,2 |
| Среднее по 2019 г.     | 15,6                               |      |      | 18,8    |      |      | 16,0    |      |      | 15,6   |      |      |
| 2020 г.                | 12,4                               | 9,8  | 11,1 | 16,3    | 20,9 | 19,2 | 19,5    | 17,1 | 17,4 | 18,3   | 15,1 | 17,3 |
| Среднее по 2020 г.     | 11,1                               |      |      | 18,8    |      |      | 18,0    |      |      | 16,9   |      |      |
| 2021 г.                | 8,8                                | 17,3 | 14,3 | 15,5    | 19,9 | 23,7 | 21,6    | 24,3 | 19,1 | 20,1   | 20,1 | 16,9 |
| Среднее по 2021 г.     | 13,5                               |      |      | 19,7    |      |      | 21,6    |      |      | 18,9   |      |      |
|                        | Относительная влажность воздуха, % |      |      |         |      |      |         |      |      |        |      |      |
| Среднемноголетняя      | 66                                 | 68   | 69   | 70      | 73   | 73   | 65      | 72   | 65   | 63     | 78   | 76   |
| Среднее                | 68                                 |      |      | 72      |      |      | 67      |      |      | 72     |      |      |
| 2019 г.                | 64                                 | 61   | 62   | 58      | 63   | 67   | 68      | 78   | 72   | 76     | 76   | 70   |
| Среднее по 2019 г.     | 68                                 |      |      | 72      |      |      | 67      |      |      | 72     |      |      |
| 2020 г.                | 68                                 | 58   | 76   | 78      | 65   | 62   | 76      | 81   | 73   | 71     | 76   | 75   |
| Среднее по 2020 г.     | 68                                 |      |      | 69      |      |      | 77      |      |      | 74     |      |      |
| 2021 г.                | 66                                 | 68   | 69   | 70      | 73   | 73   | 65      | 72   | 65   | 63     | 78   | 76   |
| Среднее по 2021 г.     | 63                                 |      |      | 68      |      |      | 66      |      |      | 75     |      |      |
|                        | Осадки, мм                         |      |      |         |      |      |         |      |      |        |      |      |
| Среднемноголетняя      | 13,0                               | 18,5 | 22,2 | 23,9    | 22,1 | 25,5 | 28,9    | 28,0 | 26,2 | 22,8   | 22,5 | 26,0 |
| Сумма                  | Σ 54,6                             |      |      | Σ 71,5  |      |      | Σ 83,1  |      |      | Σ 71,3 |      |      |
| 2019 г.                | 26,3                               | 19,3 | 19,3 | 22,0    | 21,7 | 24,3 | 25,4    | 24,8 | 23,2 | 20,2   | 24,2 | 24,3 |
| Сумма по 2019 г.       | Σ 64,9                             |      |      | Σ 68,2  |      |      | Σ 73,4  |      |      | Σ 68,7 |      |      |
| 2020 г.                | 24,3                               | 8,6  | 29,4 | 73,5    | 33,8 | 33,6 | 49,6    | 38,9 | 30,9 | 1,4    | 10,4 | 21,9 |
| Сумма по 2020 г.       | Σ 62,4                             |      |      | Σ 140,8 |      |      | Σ 119,4 |      |      | Σ 33,6 |      |      |
| 2021 г.                | 0                                  | 19,4 | 19,6 | 29,7    | 13,0 | 24,7 | 3,8     | 18,0 | 32,8 | 18,0   | 20,8 | 18,6 |
| Сумма по 2021 г.       | Σ 39,0                             |      |      | Σ 67,4  |      |      | Σ 54,5  |      |      | Σ 57,4 |      |      |

Исследования проводили на опытном поле ВНИИФ: почва дерново-подзолистая, среднесуглинистая, pH 5,35, содержание гумуса 4,3%. Содержание элементов: P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 1062 мг/кг почвы; K<sub>2</sub>O 503 мг/кг почвы; Mg 2,17 мг/100 г почвы; CaO 10,1 мг/100 г почвы. Ежегодно с осени вносили от 45 до 50 т/га органических удобрений и перед посадкой картофеля – нитроаммофоску в норме 55-60 кг/га по д.в.

Агротехнические мероприятия по уходу за опытными растениями включали зяблевую вспашку, дискование, глубокую культивацию, нарезание гряд, окучивание с фрезерованием. Перед всходами картофеля проводили обработки гербицидами на основе д.в. метрибузина (0,4 кг/га) и д.в. просульфокарба (2 л/га) против сорной растительности. Весь массив картофеля однократно обрабатывали инсектицидом на основе д.в. тиаметоксама (0,06 кг/га). Обработки растений проводили с использованием ранцевого опрыскивателя. Расход рабочей жидкости – 200 л/га.

Даты посадки картофеля: 18.05.2019, 5.05.2020 и 20.05.2021; размер опытных делянок – 40 м<sup>2</sup>, повторность четырехкратная. Размещение вариантов – рандомизированное.

Фоновые обработки растений от фитофтороза проводили фунгицидами, не оказывающими влияние на грибы рода *Alternaria* (Инфинито, Ревус). Защитные обработки от альтернариоза включали применение следующих фунгицидов: Миравис, КС (0,35 л/га д.в. пидифлуметофен), Сигнум, ВДГ (0,3 кг/га, д.в. боскалид + пираклостробин) и Пеннкоцеб, СП (1,6 кг/га, д.в. манкоцеб). В качестве контроля использовали вариант, в котором растения обрабатывали только от фитофтороза.

Пораженность растений альтернариозом учитывали от даты проявления болезней до отмирания листьев через каждые 7-10 дней по шкале Британского микологического общества [8]. На основе учетов пораженности ботвы оценивали степень развития болезни (AUDPC) и определяли биологическую эффективность защиты по формуле Эбботта [9]. При уборке картофеля оценивали урожайность (т/га) и % товарной фракции клубней. Статистическую обработку полученных экспериментальных данных проводили при 95% уровне достоверности [10].

**Результаты и обсуждение.** В 2019 и 2020 г. погодные условия в Московской области складывались благоприятно для умеренного развития альтернариоза. В июне и июле наблюдались обильные осадки на

фоне оптимальных температур для развития растений картофеля. В таких условиях в контрольном варианте альтернариоз появился во второй декаде июля; в третьей декаде августа пораженность растений в контроле достигла 80%. В 2021 г. погодные условия были еще более благоприятны для развития болезни: на фоне высоких температур воздуха в июне, июле и августе отмечали дефицит осадков по сравнению со среднесезонными данными. В таких условиях в контрольном варианте наблюдали стремительное развитие болезни: в первой декаде июля – первичные проявления, а в третьей декаде августа – 100% поражение растений.

Во все годы испытаний тестируемые фунгициды продемонстрировали разный уровень подавления развития альтернариоза на растениях. В конце третьей декады августа в 2019, 2020 и 2021 гг. пораженность

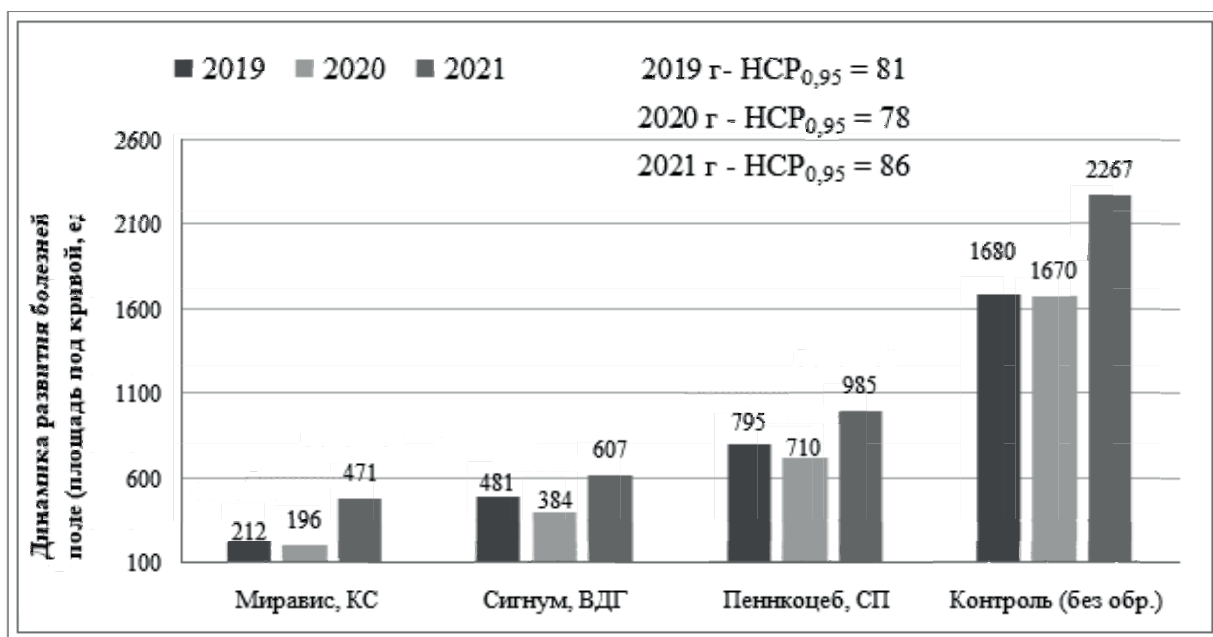


Рис. 1. Площадь под кривой (AUDPC, ед.), описывающая развитие альтернариоза в сравниваемых вариантах опыта (сорт Удача, ВНИИФ, 2019-2021 гг.).

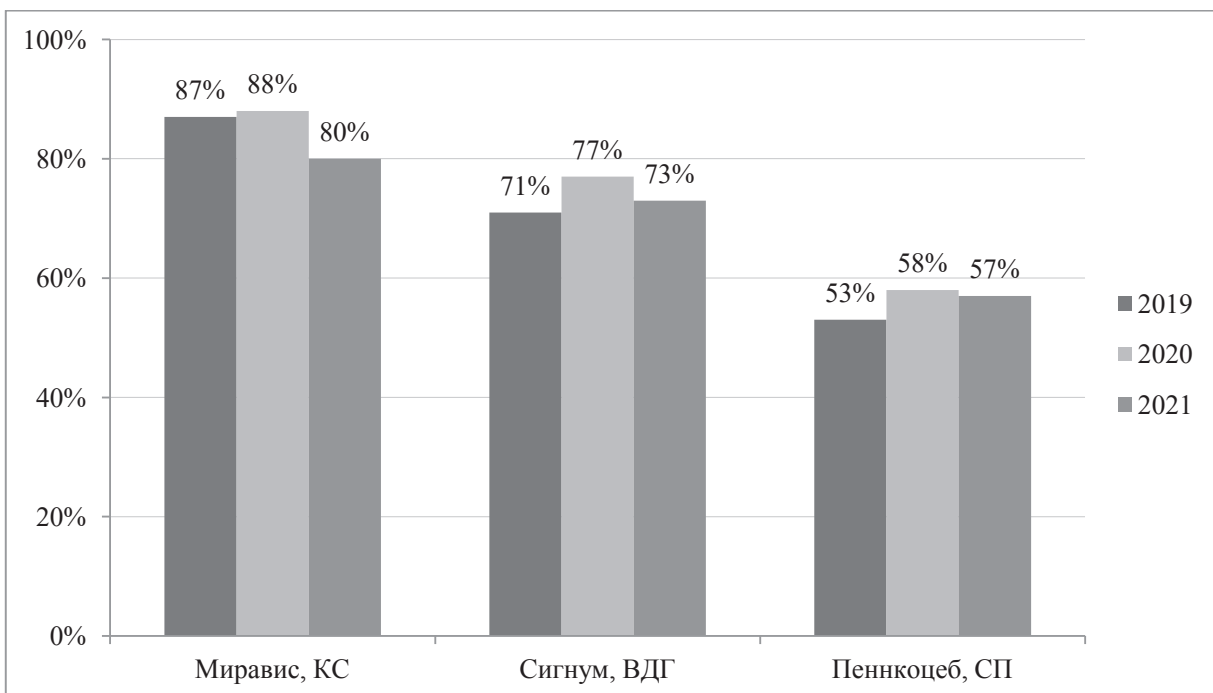


Рис. 2. Биологическая эффективность исследуемых препаратов против альтернариоза картофеля



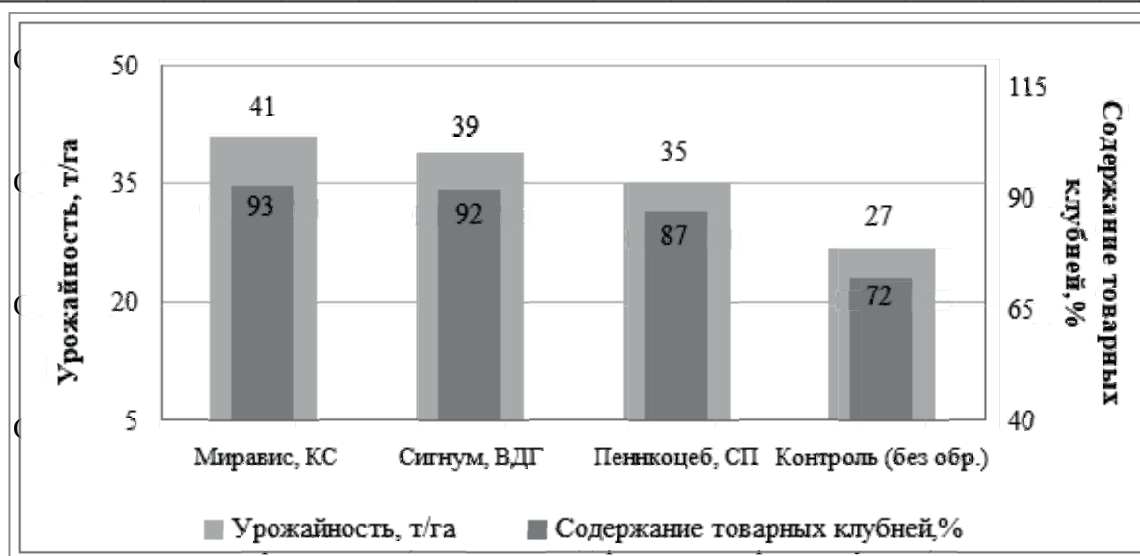


Рис. 3. Средняя урожайность картофеля ( $НСР_{0,95} = 2,0$ ) и содержание товарных клубней в вариантах опыта (сорт Удача, ВНИИФ, 2019-2021 гг.) ( $НСР_{0,95} = 3,0$ )

растений в варианте с препаратом Миравис, КС составляла 16, 15 и 35%, в варианте с препаратом Сигнум, ВДГ – 32, 25 и 40%, в варианте с препаратом Пеннкоцеб, СП – 53, 45 и 65%, соответственно. Значение интегрального показателя развития болезни (AUDPC) варьировало от 196 до 417 ед. (Миравис, КС), от 384 до 607 ед. (Сигнум, ВДГ) и от 710 до 985 ед. (Пеннкоцеб, СП, рис. 1). Средняя (за три года) биологическая эффективность защиты для препаратов Миравис, КС, Сигнум, ВДГ и Пеннкоцеб, СП составила 85, 74 и 56%, соответственно (рис. 2). Средняя прибавка урожая и товарной фракции клубней, по сравнению с контролем составила: Миравис, КС – 14 т/га и 21%; Сигнум, ВДГ – 12 т/га и 20%; Пеннкоцеб, СП – 8 т/га и 15% (рис. 3). Низкая в условиях эпифитотийного развития болезни эффективность Пеннкоцеба, СП по сравнению с другими двумя препаратами может быть связана с его низкой дождеустойчивостью, а также недостаточной для применения на восприимчивом к ранней пятнистости сорте дозировкой.

**Заключение.** Включение в программу защиты картофеля нового для российского рынка препарата Миравис, КС, обладающего высокой эффективностью против *A. solani* при различных погодных условиях позволило защитить посадки картофеля от альтернариоза и получить более высокую прибавку урожая и товарность клубней по сравнению с эталонными препаратами Сигнум, ВДГ и Пеннкоцеб, СП.

#### Финансирование

Исследование выполнено в рамках Государственного задания (тема FGGU-2025-0002).

#### Литература

1. Зейрук В.Н., Жевора С.В., Васильева С.В. и др. Атлас болезней, вредителей, сорняков картофеля и мероприятия по борьбе с ними. – М.: Наука, 2020. – 322 с.
2. Орина А.С., Хютти А.В., Шпанев А.М. Фунгицидная активность химических и биологических препаратов в отношении возбудителей альтернариоза картофеля // Агрохимия, 2022, № 10. – С. 47-54. <https://doi.org/10.31857/S0002188122100076>
3. Ганнибал Ф.Б. Виды рода *Alternaria*, обнаруженные в России и на некоторых соседних территориях // Микология и фитопатология, 2015, Т. 49(6). – С. 374-385.
4. Кокаева Л.Ю., Белосохов А.Ф., Еланский С.Н. Распространение возбудителей альтернариоза картофеля и томата в Европейской части России // Защита картофеля, 2019, № 1. – С. 9-13.
5. Кузнецова М.А., Козловский Б.Е., Рогожин А.Н. и др. Фитофтороз и альтернариоз картофеля: программа защитных действий // Картофель и овощи, 2010, № 3. – С. 27-30.
6. Побединская М.А., Плуталов П.Н., Романова С.С. и др. Устойчивость возбудителей альтернариоза картофеля и томата к фунгицидам // Микология и фитопатология, 2012, Т. 46(6). – С. 401-408.
7. [http://euroblight.net/fileadmin/euroblight/Alternaria/Protocols/Alternaria\\_solani\\_field\\_inoculation\\_kernels\\_2015.pdf](http://euroblight.net/fileadmin/euroblight/Alternaria/Protocols/Alternaria_solani_field_inoculation_kernels_2015.pdf)
8. James W.C., Shih C. S., Hodson W.A. et al. The quantitative relationship between late blight of potato and loss in tuber yield // Phytopathology, 1972, V. 62. – P. 92-96.
9. Abbott W.S. A method of computing the effectiveness of an insecticide // Journal of Economic Entomology, 1925, V. 18. – P. 265-267.
10. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

## ВЛИЯНИЕ НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ПОСЕВНЫЕ КАЧЕСТВА КАРТОФЕЛЯ СОРТОВ ГАЛА И ФИОЛЕТОВЫЙ

А.А. Кусак<sup>1</sup>, У.А. Близнюк<sup>1,2</sup>, П.Ю. Борщеговская<sup>1,2</sup>, Я.В. Зубрицкая<sup>1,2</sup>, С.А. Золотов<sup>1</sup>,  
А.А. Мalyуга<sup>3</sup>, И.Т. Межетьова<sup>1</sup>, А.Д. Никитченко<sup>1</sup>, И.А. Родин<sup>1,4</sup>, А.П. Черняев<sup>1,2</sup>,  
Н.С. Чуликова<sup>3</sup>, Д.С. Юров<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва

<sup>2</sup>Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д.В. Скобельцына, Москва

<sup>3</sup>Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук,  
Краснообск, Новосибирская область

<sup>4</sup>МИРЭА – Российский технологический университет, Москва

e-mail: kusak.aa22@physics.msu.ru

**Аннотация.** Исходя из двухлетнего полевого эксперимента, эффект от предпосадочной обработки культуры картофеля в диапазоне доз от 5 до 30 Гр был различен в зависимости от типа излучения и сорта клубней. Влияние на полученный результат также оказывали погодные условия. Положительное влияние на урожайность в первый год исследования оказало облучение ускоренными электронами в дозах 15, 20 и 30 Гр, увеличивая урожайность картофеля сорта Фиолетовый на 20-63%. Оба типа излучения благотворно влияли на фитопатогенный статус нового урожая, снижая распространенность сетчатого некроза, вызванного развитием гриба *Rhizoctonia solani*. Во второй год исследования радиационная обработка не так эффективно боролась с заболеванием, однако удалось добиться увеличения урожайности у сорта Гала до 40% от контрольных значений, у сорта Фиолетовый – до 20%.

**Ключевые слова:** радиационная обработка, сельское хозяйство, картофель, рентгеновское излучение, ускоренные электроны, *Rhizoctonia solani*.

## THE IMPACT OF LOW-ENERGY IONIZING RADIATION ON THE SOWING QUALITIES OF POTATO VARIETIES GALA AND FIOLETOVY

A.A. Kusak<sup>1</sup>, U.A. Bliznyuk<sup>1,2</sup>, P.Yu. Borshchegovskaya<sup>1,2</sup>, Ya.V. Zubritskaya<sup>1,2</sup>, S.A. Zolotov<sup>1</sup>,  
A.A. Malyuga<sup>3</sup>, I.T. Mezhetova<sup>1</sup>, A.D. Nikitchenko<sup>1</sup>, I.A. Rodin<sup>1,4</sup>, A.P. Chernyaev<sup>1,2</sup>,  
N.S. Chulikova<sup>3</sup>, D.S. Yurov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Lomonosov Moscow State University, Moscow, e-mail: kusak.aa22@physics.msu.ru

<sup>2</sup>Skobeltsyn Institute of Nuclear Physics, Moscow

<sup>3</sup>Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences,  
Krasnoobsk, Novosibirsk region

<sup>4</sup>MIREA – Russian Technological University, Moscow

**Abstract.** Based on a two-year field experiment, the effect of pre-planting potato treatment with doses ranging from 5 to 30 Gy varied depending on the radiation type and tuber variety. Weather conditions in each year also influenced the results. Accelerated electron irradiation with doses of 15, 20, and 30 Gy had a positive effect on crop productivity in the first year of the study, increasing the yield of the Fioletovy potato variety by 20-63%. Both types of radiation also had a beneficial effect on the phytopathogenic status of the new crop, reducing the incidence of net necrosis (caused by *Rhizoctonia solani*). In the second year of the study, radiation treatment was less effective in controlling the disease, but yields increased by up to 40% of the control values for the Gala variety and up to 20% for the Fioletovy variety.

**Keywords:** Radiation treatment, agriculture, potatoes, X-rays, accelerated electrons, *Rhizoctonia solani*.

**Введение.** Картофель, будучи ключевым сырьем для производства глюкозы, крахмала и спирта, рассматривается как стратегически важная культура в рамках продовольственной безопасности [1]. Обеспечение качества семенного материала и высокой продуктивности культуры являются важными задачами сельского хозяйства.

Распространение различных бактериальных, вирусных и грибных заболеваний в связи с глобальным повышением температуры и влажности воздуха может негативно влиять на развитие растений. Так, например, ризоктониоз – широко распространенное заболевание, вызываемое *Rhizoctonia solani* – вызывает гниль семян и корней, тем самым задерживая рост растений и снижая урожайность. Залегая в глубоких слоях почвы, гриб может сохраняться в состоянии покоя до 3-4 лет [2].

Радиационная обработка, как аналог менее экологичных методов, не оказывает негативного кумулятивного воздействия на предпосевной материал и может не только снизить фитопатогенную нагрузку на конкретную культуру, но и повысить ее урожайность, не оставляя химических следов, которые могли бы нанести вред здоровью человека или окружающей среде [3]. Оказываемое обработкой воздействие на биологический объект будет зависеть не только от типа облучения и полученной дозы, но и от морфологических особенностей самой культуры. Таким образом, грамотный подбор режима облучения важен для повышения эффективности радиационной обработки.

**Цель работы** – изучение влияния радиационной обработки низкоэнергетическими ускоренными электронами и рентгеновским излучением на урожайность и фитопатогенный статус картофеля сортов Гала и Фиолетовый.

**Материалы и методы.** Объектами исследований были выбраны клубни картофеля сортов Гала и Фиолетовый, предоставленные СФНЦА РАН (Краснообск, Россия) с естественным заражением *Rhizoctonia solani*. Обработку клубней проводили с использованием линейного ускорителя электронов непрерывного действия УЭЛР-1-25-Т-001 с максимальной энергией пучка 1 МэВ и средней мощностью пучка 25 кВт (НИИЯФ МГУ, Москва, Россия) и рентгеновского аппарата РАП 100-10 с рентгеновской трубкой 1БПВ23 – 100 с молибденовым анодом, установленным для работы при  $U = 80$  кВ (НИИ им. Бурназяна ФМБЦ ФМБА России, Москва, Россия). Клубни были облучены в дозах 0, 5, 10, 15, 20, 25 и 30 Гр. Во время каждого сеанса клубни облучали с двух противоположных сторон, для охвата всей поверхности.

Двухгодичные полевые исследования по оценке продуктивности и фитосанитарного состояния картофеля проводили на опытном поле СФНЦА РАН в почвенно-климатических условиях, характерных для лесостепной зоны Западной Сибири. Исследования почвенной микробиоты показали присутствие различных групп грибов, включая *Ascomycota*, *Basidiomycota*, *Zygomycota*, *Mortierellomycota*, *Chytridiomycota* и *Glomeromycota*. Примечательно, что также был выявлен естественный фон заражения почвы *Rhizoctonia solani*.

Полевой анализ урожая включал в себя определение урожайности культуры и фитопатогенный анализ нового урожая картофеля для оценки того, был ли он поражен сетчатым (ретикулярным) некрозом – несклеротической формой заболевания, вызываемого *Rhizoctonia solani*.

**Результаты и обсуждение.** Исследования первого года показали, что облучение картофеля сорта Фиолетовый рентгеновскими лучами в дозах от 5 до 30 Гр приводило к снижению как урожайности, так и распространенности сетчатого некроза. Наиболее положительного эффекта позволила добиться обработка облучением в дозе 10 Гр, при которой распространенность заболевания снижалась на 15% при минимальном снижении урожайности (на 11%). Обработка в дозах 5, 25 и 30 Гр подавляла распространение сетчатого некроза на 36-60%, однако приводила к снижению урожайности, более чем на 30%.

Облучение ускоренными электронами было менее эффективным в борьбе с заболеванием, но повышало продуктивность растений. Максимальное снижение заболеваемости (на 33%) было достигнуто при облучении клубней семенного картофеля в дозе 10 Гр, но оно же приводило к снижению урожайности на 16%. Обработка в дозах 15, 20 и 30 Гр повышала продуктивность картофеля на 36, 20 и 63%, соответственно.

На второй год исследований было отмечено аналогичное прошлогоднему увеличение урожайности для случая облучения ускоренными электронами, однако дозовый диапазон наблюдаемых эффектов сместился на значения от 5 до 15 Гр и рост показателя не превышал 20% от контроля. При этом обработка рентгеновским излучением в дозе 5 Гр также повышала продуктивность на 24%.

Облучение клубней семенного картофеля сорта Гала в дозах от 5 до 30 Гр в первый год исследования снижало как урожайность, так и заболеваемость культуры. При этом воздействие рентгеновским излучением в дозах 5, 10, 25 Гр и электронным пучком в дозе 5 Гр оказывало наименьшее негативное влияние на урожайность картофеля, снижая ее не более чем на 10%. Учитывая необходимость подавления грибных заболеваний с минимальными потерями в продуктивности, облучение рентгеновским излучением в дозе 5 Гр оказалось наиболее эффективным, поскольку обработка в этой дозе подавляла распространение сетчатого некроза более, чем на 20% при одновременном снижении урожайности картофеля лишь на 5%.

На второй год исследования удалось достичь повышения показателя урожайности на 10-40% при облучении рентгеновским излучением в дозах от 5 до 20 Гр. Воздействие на образцы ускоренными электронами 5, 25 и 30 Гр способствовало увеличению урожайности в среднем на 20%. Наблюдалось ухудшение фитосанитарного статуса относительно первого года исследования, однако обработка рентгеновским излуче-

нием была эффективна для подавления ризоктониоза во всем диапазоне доз, а ускоренными электронами – в дозах 10 и 15 Гр.

Подобные расхождения результатов для первого и второго года исследования отчасти могут быть связаны со значительной разницей в погодных условиях, повлиявшей как на рост культуры, так и на развитие фитопатогенных организмов.

**Заключение.** В результате исследования установлено, что предпосадочная радиационная обработка клубней картофеля сортов Гала и Фиолетовый в диапазоне от 5 до 30 Гр приводила к различным эффектам в зависимости от используемого типа излучения и года проведения полевого эксперимента. Так, в первый год исследования облучение семенных клубней негативно воздействовало на урожайность, за исключением случая, когда обработка ускоренными электронами сорта Фиолетовый в дозах 15, 20 и 30 Гр повышала показатель на 20-63%. При этом обработка эффективно снижала заражение урожая сетчатым некрозом.

На второй год облучение менее эффективно подавляло заболевание на клубнях, однако удалось повысить продуктивность культуры на величину до 20% от контрольных значений у сорта Фиолетовый и до 40% – у сорта Гала. Отличия в полученных результатах могли быть вызваны морфологическими особенностями клубней, различиями во взаимодействии излучений разных типов с веществом и влиянием погодных условий на полевой эксперимент.

#### **Заявление о конфликте интересов.**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### **Финансирование.**

Исследование выполнено при финансовой поддержке РНФ в рамках научного проекта № 22-63-00075

#### **Литература**

1. Devaux A. Global food security, contributions from sustainable potato agri-food systems // The potato crop: Its agricultural, nutritional and social contribution to humankind, 2020. – P. 3-35.
2. Нецадим Н.Н., Пикушова Е.А., Веретельник Е.Ю. и др. Интегрированная защита растений (зерновые культуры). – Краснодар: КубГАУ, 2014. – 278 с.
3. Геворкян И.С. О применении ионизирующего излучения в борьбе с насекомыми-вредителями запасов // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук, 2020, № 4. – С. 5-11.

УДК 633.491:632.935.4:543.544.3:543.51:004.852:635.21

DOI: 10.24412/1029-2551-2025-5-022s

## **ВЛИЯНИЕ ПРЕДПОСАДОЧНОЙ РАДИАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ НА БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ УРОЖАЯ КАРТОФЕЛЯ ПРИ ЕГО ХРАНЕНИИ**

**И.Т. Межетова<sup>1</sup>, У.А. Близнюк<sup>1,2</sup>, П.Ю. Борщеговская<sup>1,2</sup>, Я.В. Зубрицкая<sup>1,2</sup>, С.А. Золотов<sup>1</sup>,  
В.С. Ипатова<sup>2</sup>, Е.К. Козлова<sup>1,3</sup>, А.А. Малюга<sup>4</sup>, А.Д. Никитченко<sup>1</sup>, А.Ю. Опруненко<sup>1</sup>,  
И.А. Родин<sup>1,5</sup>, А.П. Черняев<sup>1,2</sup>, Н.С. Чуликова<sup>4</sup>, Д.С. Юров<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва

<sup>2</sup>Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д.В. Скобельцына, Москва

<sup>3</sup>Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва

<sup>4</sup>Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук,  
Краснообск, Новосибирская область

<sup>5</sup>МИРЭА – Российский технологический университет, Москва  
e-mail: mezhetova.it19@physics.msu.ru

**Аннотация.** Представлены результаты исследования влияния предпосадочной радиационной обработки картофеля сортов Гала и Фиолетовый низкоэнергетическими ускоренными электронами и рентгеновским излучением на состояние урожая при хранении. Исходя из результатов, обработка приводила к увеличению длины прорастающих у клубней ростков. Так, для сорта Фиолетовый их длина к 4-му месяцу превышала контрольные значения до 2 раз. Химический анализ посредством газовой хроматографии-масс-спектрометрии выявил повышенное содержание летучих соединений в клубнях урожая, выращенного из прошедших обработку клубней. На основе полученных данных, используя методы машинного обучения, удалось успешно различить между



собой урожай от облученного и необлученного картофеля. Точность различения составила 75-100% в зависимости от сорта и месяца хранения.

**Ключевые слова:** радиационная обработка, сельское хозяйство, картофель, рентгеновское излучение, ускоренные электроны, методы машинного обучения, ГХ-МС, восстанавливающие сахара.

## THE EFFECT OF PRE-PLANTING IRRADIATION ON THE BIOCHEMICAL PARAMETERS OF POTATO CROP DURING STORAGE

I.T. Mezhetova<sup>1</sup>, U.A. Bliznyuk<sup>1,2</sup>, P.Yu. Borshchegovskaya<sup>1,2</sup>, Ya.V. Zubritskaya<sup>1,2</sup>, S.A. Zolotov<sup>1</sup>, V.S. Ipatova<sup>2</sup>, E.K. Kozlova<sup>1,3</sup>, A.A. Malyuga<sup>4</sup>, A.D. Nikitchenko<sup>1</sup>, A.Yu. Oprunenko<sup>1</sup>, I.A. Rodin<sup>1,5</sup>, A.P. Chernyaev<sup>1,2</sup>, N.S. Chulikova<sup>4</sup>, D.S. Yurov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Lomonosov Moscow State University, Moscow, e-mail: mezhetova.it19@physics.msu.ru

<sup>2</sup>Skobeltsyn Institute of Nuclear Physics, Lomonosov Moscow State University, Moscow

<sup>3</sup>I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow

<sup>4</sup>Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences, Krasnoobsk, Novosibirsk region

<sup>5</sup>MIREA – Russian Technological University, Moscow

**Abstract.** This article presents the results of a study of the effect of pre-planting radiation treatment of Gala and Fioletovy varieties potatoes with low-energy accelerated electrons and X-rays on the state of its crop during storage. Based on the observation, the treatment led to an increase in the length of the tuber's shoots. For the Fioletovy variety, their length by the 4th month exceeded the control values up to 2 times. Chemical analysis by gas chromatography-mass spectrometry revealed an increased content of volatile compounds in tubers in crops grown from irradiated tubers. Based on the data obtained, using machine learning methods, it was possible to successfully divide the potato crop into the one whose seed was or was not irradiated. The classification accuracy was 75-100%, depending on the variety and the month of storage.

**Keywords:** radiation treatment, agriculture, potatoes, X-rays, accelerated electrons, machine learning methods, GC-MS, reducing sugars.

**Введение.** В агрономической сфере на фоне экологизации производства наблюдается тенденция к внедрению физических методов обработки семенного материала с целью увеличения количества и качества урожая. Так, радиационная обработка выгодно выделяется за счет своей универсальности – путем подбора режима облучения возможны как стимуляция ростовых процессов у растений, так и дезинсекция и ингибирование прорастания урожая при хранении [1, 2]. Интерес в сфере радиационной обработки семенного материала представляют не только повышение эффективности облучения и подбор соответствующих культурам дозовых диапазонов, но выявление возможных последствий для нового урожая.

**Цель работы** – исследование влияния радиационной обработки низкоэнергетическими ускоренными электронами и рентгеновским излучением на состояние урожая, полученного из облученных клубней картофеля.

**Материалы и методы.** В эксперименте семенные клубни картофеля сортов Гала и Фиолетовый подвергали облучению ускоренными электронами на линейном ускорителе электронов непрерывного действия УЭЛР-1-25-Т-001 с максимальной энергией пучка 1 МэВ и рентгеновским излучением на аппарате РАП 100-10 с рентгеновской трубкой 1БПВ23-100 с молибденовым анодом и максимальной энергией фотонов 80 кэВ. С целью повышения равномерности обработка была двусторонней, дозы облучения составили 5, 10, 15, 20, 25 и 30 Гр.

Для оценки распределения дозы и показателя линейной передачи энергии (ЛПЭ) в объеме образцов проводили компьютерное моделирование процесса облучения с использованием инструментария Geant 4, в котором клубень картофеля был представлен его водным фантомом соответствующих размеров, а спектры запускаемых частиц соответствовали параметрам используемых установок. После облучения объем фантома разделялся на кубические ячейки, для каждой из которых вычисляли значения поглощенной дозы и ЛПЭ. Из совокупности ячеек составляли объемные карты соответствующих распределений.

Картофель после обработки выращивали на опытном поле СФНЦА РАН в почвенно-климатических условиях, характерных для лесостепной зоны Западной Сибири. Удобрения в эксперименте не применяли, однако уход за посадками включал дождевое боронование, междурядную обработку, окучивание и обработку от всходов для борьбы с вредителями и сорняками. Собранный урожай картофеля хранился в темном помещении при комнатной температуре. В течение 4-х месяцев раз в месяц проводили контроль

состояния клубней и их химический анализ для определения различий в содержании летучих органических соединений и восстанавливающих сахаров. Анализ с использованием газовой хроматографии-масс-спектрометрии (ГХ-МС) проводили с помощью программного обеспечения GC/MS Solution, для идентификации компонентов использовали библиотеку масс-спектров NIST/EPA/NIH 2008. Исследование концентрации восстанавливающих сахаров выполняли с использованием спектрофотометрического метода по методике ГОСТ Р 5409-2012. Для оценки возможности различения урожая, выращенного из облученных и не облученных клубней, результаты обрабатывали с использованием методов машинного обучения.

**Результаты и обсуждение.** Полученные из компьютерного моделирования карты дозовых распределений показали, что двусторонняя обработка низкоэнергетическим излучением обеспечивала относительно равномерное поверхностное облучение всего клубня. При этом рентгеновское излучение в большей степени затрагивало внутренние слои образца, по сравнению с ускоренными электронами. Карты распределений ЛПЭ показали большое различие во взаимодействии двух типов излучения с веществом. Наиболее высокие показали ЛПЭ для рентгеновского излучения наблюдались во внешних слоях клубня, а для ускоренных электронов – во внутренних. Максимальные значения ЛПЭ для рентгеновского излучения превышали таковые для электронного более, чем в 2 раза.

По итогам мониторинга у сорта Фиолетовый к четвертому месяцу хранения длина проростков у клубней, чей семенной материал прошел радиационную обработку, до двух раз превышала длину контрольных показателей. У сорта Гала также было отмечено увеличение средней длины проростков, однако явных дозовых зависимостей для показателя не было выявлено.

Концентрация восстанавливающих сахаров в клубнях изменялась со временем. Для урожая картофеля сорта Гала первый пик возрастания их концентрации приходился на второй месяц наблюдения, а у сорта Фиолетовый изначально высокий показатель ко второму месяцу снизился в 2 раза. Подобная динамика может быть объяснена процессами развития ростков у клубней двух различающихся сортов, отразившись на накоплении сахаров. Дозовые зависимости концентраций восстанавливающих сахаров оказались нелинейными и различались в зависимости от сорта картофеля и типа ионизирующего излучения, однако к третьему месяцу хранения показатели для урожая облученных клубней мало отличались от контрольных значений.

ГХ-МС анализ картофеля показал, что содержание в клубнях летучих органических соединений повышалось со временем. Общее же число летучих органических соединений, идентифицированных в клубнях, выращенных из облученного семенного материала, было выше по сравнению со значениями для контрольных клубней. Для проведения различия урожая от облученного и необлученного семенного материала было выделено 157 летучих органических соединений, данные о содержании которых были использованы в качестве определяющих признаков. В зависимости от месяца хранения и сорта картофеля точность классификации урожая по факту прохождения семенным материалом предпосевной обработки составила от 75 до 100%, что говорит о высокой точности используемого метода.

**Заключение.** Проведенное исследование показало, что предпосадочная обработка семенных клубней сорта Гала и Фиолетовый низкоэнергетическими ускоренными электронами и рентгеновским излучением приводит к более активному прорастанию клубней при хранении. При этом наиболее заметные различия были выявлены у сорта Фиолетовый.

Химический анализ посредством газовой хроматографии-масс-спектрометрии выявил повышенное содержание летучих соединений в клубнях урожая, выращенного из облученных клубней. При этом обработка полученных результатов методами классического машинного обучения позволила успешно разделить между собой клубни, выращенные из обработанного и необработанного семенного материала. Успешность различения зависела как от месяца хранения, так и от сорта картофеля, однако точность классификации не опускалась ниже 75%.

#### **Заявление о конфликте интересов.**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### **Финансирование.**

Исследование было выполнено при финансовой поддержке РНФ в рамках научного проекта № 22-63-00075.

#### **Литература**

1. Li H.Z., Zhou W.J., Zhang Z.J. *et al.* Effect of  $\gamma$ -radiation on development, yield and quality of microtubers in vitro in *Solanum tuberosum* L // *Biologia Plantarum*, 2005, V. 49. – P. 625-628. <https://doi.org/10.1007/s10535-005-0062-1>
2. Isemlerlinova A. A., Egorov I. S., Nuzhnyh S. A. *et al.* The pulsed X-ray treatment of wheat against pathogenic fungi // *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*, 2021, V. 503. – P. 75-78. <https://doi.org/10.1016/j.nimb.2021.07.011>

## ВОЗДЕЛЫВАНИЕ СОРТОВ ЦИКОРИЯ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЕ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ НА ИНУЛИНСОДЕРЖАЩИЕ ПРЕПАРАТЫ

А.А. Мирошников

ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха, Московская обл., e-mail: lemon\_90@mail.ru

**Аннотация.** Цикорий (*Cichorium intybus*) является многолетним растением, широко используемым в медицине и кулинарии благодаря своим полезным свойствам. В данной статье рассматривается возделывание цикория сортов Петровский и Знахарь в Костромской и Московской областях, а также анализируются его агрономические характеристики и содержание инулина. Высокое содержание инулина (до 21,75%) в корнеплодах сорта Петровский является важным показателем его пищевой ценности, потенциальной полезности для здоровья и пригодности для переработки на инулинсодержащие продукты.

**Ключевые слова:** цикорий, инулин, корень цикория, углеводный состав.

## CULTIVATION OF CHICORY VARIETIES ON SODDY-PODZOLIC SOIL FOR PROCESSING INTO INULIN-CONTAINING PREPARATIONS

A.A. Miroshnikov

Federal Potato Research Center, Moscow Region, e-mail: lemon\_90@mail.ru Russia

**Abstract.** Chicory (*Cichorium intybus*) is a perennial plant widely used in medicine and cooking for its beneficial properties. This article examines the cultivation of the Petrovsky and Znakhar chicory varieties in the Kostroma and Moscow regions, and also analyzes their agronomic characteristics and inulin content. The high inulin content (up to 21.75%) in the Petrovsky variety's roots is an important indicator of its nutritional value, potential health benefits, and suitability for processing into inulin-containing products.

**Keywords:** chicory, inulin, chicory root, carbohydrate composition.

**Введение.** Цикорий обыкновенный (*Cichorium intybus* L.) – перспективная овощная культура, возделываемая в Европе, Средней Азии, Казахстане и на юге Западной Сибири. Являясь двулетним растением, цикорий в первый год жизни формирует листовую розетку и веретенообразный корнеплод, являющийся продуктовым органом. Во второй год формируются цветonoсные побеги, растение цветет и образует семена [1]. Цикорий корневой содержит инулин в количестве до 65-70% от сухого вещества, витамины, микро и макроэлементы, необходимые для пополнения запасов организма. Инулин – незаменимое питание для полезной микрофлоры нашего кишечника [2]. Инулин обладает уникальными физиологическими свойствами: улучшает работу пищеварительной системы человека, способствует росту полезной микрофлоры кишечника, а также повышению иммунитета, улучшает усвоение кальция, магния, снижает уровень холестерина [3, 4].

**Цель исследования** – оценка продуктивности сортов цикория Петровский и Знахарь, выращиваемого на дерново-подзолистой почве в Московской и Костромской областях, содержания инулина в корнеплодах и углеводного состава экстракта.

**Материалы и методы.** Для полевых опытов были выбраны три сорта цикория: Петровский и Знахарь. Опыт выполняли в 2023 г. на экспериментальной базе ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха» Коренево (дп. Красково. Московская область). Почва участка дерново-подзолистая – супесчаная с высокой обменной и гидролитической кислотностью ( $\text{pH}_{\text{КСЛ}}$  4,71;  $\text{Нг}$  3,27 мг-экв/100 г почвы); низкой суммой поглощенных оснований и степенью насыщенности ими ( $\text{S}$  3,11 мг-экв/100 г почвы;  $\text{V}$  48,7%); высоким содержанием подвижного фосфора (315 мг/кг почвы) и низким – обменного калия (97 мг/кг почвы); удовлетворительной гумусированностью (1,91% гумуса). Посев цикория производили в третьей декаде мая в подготовленные гребни с шириной междурядий 75 см вручную на глубину не более 2 см. Площадь опытной делянки составила 10,5 м<sup>2</sup>, повторность четырехкратная. Расход семян составил 100 тыс. шт./га. Закладка полевого опыта, учеты и наблюдения проведены в соответствии с требованиями методики полевого опыта [5].

Агрометеорологические условия вегетационного периода 2023 г. в целом были удовлетворительными для роста, развития и продуктивности цикория. Средняя температура воздуха за вегетационный период



составила 17,2°C, при норме 16,5°C. Всего осадков за вегетационный период выпало 251,0 мм, или 96,4% от нормы (260,5 мм). ГТК составил 1,22 (слабозасушливый).

**Результаты и обсуждение.** Предварительный анализ корнеплодов цикория показал, что в разных условиях выращивания растения цикория ведут себя по-разному. Так в Костромской области корни сорта Петровский были более ровными и однородными по размеру, что облегчает их уборку и переработку (рис. 1). В Московской области корни имели неоднородную форму, что связано с особенностями дерново-подзолистой супесчаной почвы.



а) Московская область

Почва: дерново-подзолистая супесчаная

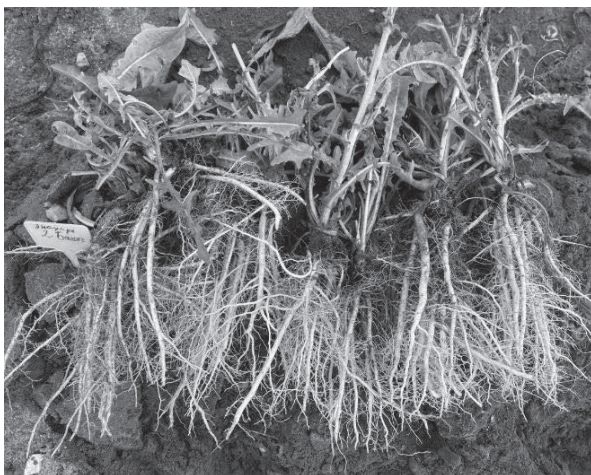


б) Костромская область

почва: дерново-подзолистая легко суглинистая

**Рис. 1. Визуальное сравнение корнеплодов цикория сорта Петровский в Московской и Костромской областях**

Сорт Знахарь в Костромской области также показал лучшие результаты по сравнению с Московской областью, где корни оказались более тонкими и многочисленными (рис. 2).



Московская область

Почва: дерново-подзолистая супесчаная



Костромская область

почва: дерново-подзолистая легко суглинистая

**Рис. 2. Визуальное сравнение корнеплодов цикория сорта Знахарь в Московской и Костромской областях**

Надземная часть растений сорта Петровский сформировалась в виде розетки, в связи с чем была получена низкая масса ботвы 61,7 г/куст (табл. 1). У сорта Знахарь кроме листовой розетки сформировались стебли, на которых затем образовались бутоны и цветы; масса ботвы составила 240,7 г/куст.

Средняя длина корней у обоих сортов оказалась примерно одинаковой 21,0 и 20,8 см. Однако у растений сорта Петровский сформировался один крепкий корень с наибольшим поперечным диаметром до 4,0 см, в то время как у растений сорта Знахарь сформировалось по три-пять корневищ с диаметром до 1,5 см.



## 1. Продуктивность растений цикория

| Сорт              | Масса ботвы, г/куст | Средняя длина корня, см | Масса корня, г/куст | Масса корня, т/га |
|-------------------|---------------------|-------------------------|---------------------|-------------------|
| Петровский        | 61,7                | 21,0                    | 249,7               | 25,0              |
| Знахарь           | 240,7               | 20,8                    | 271,2               | 27,1              |
| Среднее           | 151,2               | 20,9                    | 260,5               | 26,1              |
| НСР <sub>05</sub> | 89,50               | 0,10                    | 10,75               | 1,05              |

Анализ содержания инулина в корнеплодах показал, что сорт Петровский имеет наибольшее содержание инулина – 21,75% на 100 г, за ним следует сорт Голевский с 20,59%. Сорт Знахарь, хотя и имеет меньшее содержание инулина (17,12%), также демонстрирует хорошие результаты (табл. 2).

## 2. Показатели качества корнеплодов цикория

| Массовая доля СВ % | Массовая доля г/100 г цикория |                       | Массовая доля углеводов, г/100 г, в том числе: |             |         |          |       |
|--------------------|-------------------------------|-----------------------|------------------------------------------------|-------------|---------|----------|-------|
|                    | растворимых веществ           | нерастворимых веществ | инулина                                        | дисахаридов | глюкозы | фруктозы | всего |
| Петровский         |                               |                       |                                                |             |         |          |       |
| 34,32              | 30,78                         | 3,54                  | 21,75                                          | 1,66        | –       | 0,75     | 24,16 |
| Знахарь            |                               |                       |                                                |             |         |          |       |
| 32,2               | 27,94                         | 4,26                  | 17,12                                          | 1,10        | –       | 0,60     | 18,82 |

Хроматографический анализ водного экстракта показал, что растения сортов Петровский и Знахарь имеют долю инулина в общем содержании углеводов 90 и 91%, дисахаридов 6,9 и 5,8%, фруктозы – 3,1 и 3,2% соответственно. Содержание глюкозы в обоих сортах отмечено в следовых количествах.

**Заключение.** Возделывание цикория в Костромской и Московской областях имеет свои особенности, которые необходимо учитывать для достижения максимальных результатов. Высокое содержание инулина (до 21,75%) в корнеплодах цикория сорта Петровский является важным показателем его пищевой ценности, потенциальной полезности для здоровья и пригодности для переработки на инулинсодержащие продукты.

**Заявление о конфликте интересов.**

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

**Литература**

1. Гаспарян Ш.В., Масловский С.А., Замятина М.Е. и др. Использование цикория обыкновенного в качестве сырья для производства маринованной продукции // Агро-инновации, 2019, № 2(2). – С. 38-47. – DOI 10.35244/22-04. – EDN RWWMZI.
2. Проект госпрограммы по цикорию 2020-2024 гг. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.nsss-russia.ru/wp-content/uploads/2020/03/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%82-%D0%B3%D0%BE%D1%81%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D1%8B-%D0%BF%D0%BE-%D1%86%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%8E.pdf>
3. Гулюк Н.Г., Пучкова Т.С., Пихало Д.М. Исследование технологических процессов получения и модификаций фруктофуранозных полисахаридов из цикория корневого / Материалы Международной научно-практической конференции «XVII International Starch Convention» (16-28 июня 2009 г). – М., 2009. – С. 36-37.
4. Еланский С.Н., Астайкина А.А., Верховцева Н.В. и др. Цикорий корневой: выращивание, защита, переработка. – М.: РУДН, 2025. – 96 с.
5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

## ПОТЕНЦИАЛ РАСТИТЕЛЬНЫХ АНТИМИКРОБНЫХ ПЕПТИДОВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ КАРТОФЕЛЯ ОТ ФИТОФТОРОЗА

И.М. Михель<sup>1,2</sup>, А.С. Барашкова<sup>2,3</sup>, Е.А. Рогожин<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Всероссийский НИИ сельскохозяйственной биотехнологии, Москва, joseph.mikhel@yandex.ru

<sup>2</sup>Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург-Пушкин

<sup>3</sup>ГНЦ Институт биоорганической химии им. академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова РАН, Москва

**Аннотация.** В работе представлены результаты оценки биологической активности индивидуальных антимикробных пептидов (АМП) растений, а также пептидных экстрактов, в отношении роста и развития возбудителя фитофтороза картофеля и томатов – оомицета *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary. Ряд АМП из *Nigella sativa*, *Echinochloa crus-galli*, *Stellaria media* и *Triticum kiharae*, а также пептидных экстрактов из лекарственных растений (*Chelidonium majus*, *Inula helertius*, *Equisetum arvense*, *Laurus nobilis*, *Camellia sinensis*, *Hypericum perforatum*) показали высокую степень ингибирования и значительные морфологические изменения патогена в условиях лабораторного эксперимента в системах *in vitro* и *ex vivo*, что дает возможность рассматривать их как потенциальные антиоомицетные агенты для защиты растений.

**Ключевые слова:** антимикробные пептиды, пептидные экстракты, растения, *Phytophthora infestans*.

## POTENTIAL OF PLANT ANTIMICROBIAL PEPTIDES FOR PROTECTION OF POTATO FROM LATE BLIGHT

I.M. Mikhel<sup>1,2</sup>, A.S. Barashkova<sup>2,3</sup>, E.A. Rogozhin<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>All-Russian Research Institute of Agricultural Biotechnology, Moscow, e-mail: joseph.mikhel@yandex.ru

<sup>2</sup>All-Russian Institute for Plant Protection, St.-Petersburg-Pushkin

<sup>3</sup>Shemyakin and Ovchinnikov Institute of Bioorganic Chemistry Russian Academy of Sciences, Moscow

**Abstract.** This paper reveals biological activity of several plant antimicrobial peptides (AMPs) and plant peptide extracts on growth and development of the oomycete *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, a potato and tomato late blight cause agent. High grades of pathogen inhibition and significant morphological changes are shown for some AMPs from *Nigella sativa*, *Echinochloa crus-galli*, *Stellaria media* и *Triticum kiharae* and peptide extracts from several medicine plants (*Chelidonium majus*, *Inula helenium*, *Equisetum arvense*, *Laurus nobilis*, *Camellia sinensis*, *Hypericum perforatum*) in conditions of *in vitro* и *ex vivo* bioassays. Such a result presents plant AMPs as potential antioomycetal agents for crop protection.

**Keywords:** antimicrobial peptides, peptide extracts, plants, *Phytophthora infestans*.

**Введение.** Фитофтороз – болезнь картофеля и других пасленовых культур, вызванная оомицетом *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary – наносит значительный экономический ущерб. Высокая скорость мутирования патогена ограничивает возможности селекции в борьбе с ним, поэтому основным подходом для контроля заболевания в настоящее время остается применение фунгицидов. Их токсичность и риск возникновения толерантности патогена к ним актуализируют поиск новых способов защиты картофеля от *Ph. infestans*, в том числе на основе природных механизмов иммунитета растений [1].

Антимикробные пептиды (АМП) – небольшие (до 10 кДа) рибосом-синтезируемые, цистеин-богатые, катионные полипептиды. Из разнообразия природных АМП мы сфокусировались на трех семействах: неспецифические липид-переносящие белки (нсЛПБ), альфа-харпинины и дефензины. АМП указанных семейств могут быть наработаны в гетерологичных системах экспрессии, что имеет значение для их возможного практического применения. Проведенный обзор публикаций показывает возможность эффективного использования, в частности, нсЛПБ для защиты растений от бактериальных патогенов и оомицетов в случае обработки по вегетирующей биомассе [2], а также в условиях предпосевной обработки семян [3].

**Материалы и методы.** Исходным материалом послужили семена или вегетативная биомасса ряда культурных, дикорастущих и лекарственных растений. Для извлечения пептидов предварительно измельченный биоматериал подвергали кислотной экстракции, полученный экстракт высаживали охлажденным

ацетоном, белково-пептидный экстракт впоследствии обессоливали посредством твердофазной экстракции. Дальнейшее фракционирование экстракта проводили путем псевдоаффинной хроматографии на гепарин-сефарозе в ступенчатом градиенте концентрации NaCl с последующим разделением с помощью аналитической обращенно-фазовой ВЭЖХ. Структурный анализ полученных полипептидов осуществляли комбинацией методов МАЛДИ-времетра-масс-спектрометрии и ступенчатой деградации по Эдману. Экстракты лекарственных растений были получены в 1М уксусной кислоте при воздействии ультразвука, впоследствии подвергнуты частичному кислотному гидролизу при нагреве до 100°C и высажены ацетоном для получения пептидной фракции. Определение антиоомицетной активности пептидов и пептидных экстрактов проводили в системе *in vitro* на культуре *Ph. infestans* методом оптической микроскопии, а также на срезах клубней картофеля в системе *ex vivo*.

**Результаты.** Результаты тестирования представлены в таблицах 1 и 2.

### 1. Активность индивидуальных АМП против *P. infestans*

| АМП (шифр)       | Структурное семейство | Растение-донор                                         | ИК <sub>50</sub> , мкМ | Ингибирование в тесте на срезах клубней, мкМ <sup>(*)</sup> | Ссылка |
|------------------|-----------------------|--------------------------------------------------------|------------------------|-------------------------------------------------------------|--------|
| NsLTP1           | нсЛПБ                 | Нигелла посевная ( <i>Nigella sativa</i> )             | 12 <sup>(*)</sup>      | Не тестировали                                              | [4]    |
| NsLTP3           | нсЛПБ                 |                                                        | Не тестировали         | 1,05/ 1,05                                                  | [5]    |
| Ns-D1            | Дефензин              |                                                        | Не тестировали         | 2,5                                                         | [6]    |
| Ns-D2            | Дефензин              |                                                        | Не тестировали         | 2,5                                                         | [6]    |
| EcLTP            | нсЛПБ                 | Ежовник обыкновенный ( <i>Echinochloa crus-galli</i> ) | 5 <sup>(*)</sup>       | Нет эффекта                                                 | [7, 8] |
| Ec-AMP-D1        | Дефензин              |                                                        | 5,2                    | Не тестировали                                              | [9]    |
| Ec-AMP-D2        | Дефензин              |                                                        | 9,7                    | Не тестировали                                              | [9]    |
| EcAMP1           | Альфа-харпинин        |                                                        | 16,3                   | Не тестировали                                              | [8]    |
| EcAMP2           | Альфа-харпинин        |                                                        | 24                     | Не тестировали                                              | [8]    |
| SmAMPD1, SmAMPD2 | Дефензин              | Звездчатка средняя ( <i>Stellaria media</i> )          | Не тестировали         | 1/8,3 <sup>(*)</sup>                                        | [10]   |
| Tk-AMP-LTP1      | нсЛПБ                 | Пшеница Кихары ( <i>Triticum kiharae</i> )             | 2,8                    | Не тестировали                                              | [7]    |

\*Примечания: 1. Развитие патогена на клубнях менее 20% через 120 ч. после заражения; 2. разрушение оболочек зооспорангиев фитогены и их последующий лизис; 3. лизис спорангиев и клеток мицелия при концентрации свыше 100 мкг/мл; 4. данные приведены для менее/более агрессивных штаммов PRIL 2/OSV 12.

### 2. Биологическая активность пептидных экстрактов лекарственных растений в отношении *P. infestans* [11]

| Пептидный экстракт (шифр) | Растение-донор                                          | ИК <sub>50</sub> , (косвенное/ прямое прораствание), мг/мл | Ингибирование развития на срезах клубня, %* |
|---------------------------|---------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| PE-Cm                     | Чистотел большой ( <i>Chelidonium majus</i> )           | -/-                                                        | <30                                         |
| PE-Ih                     | Девясил высокий ( <i>Inula helertium</i> )              | -/1,0                                                      | <20                                         |
| PE-Eqi                    | Хвощ полевой ( <i>Equisetum Arvense</i> )               | 1,0/2,0                                                    | <10                                         |
| PE-Ln                     | Лавр благородный ( <i>Laurus nobilis</i> )              | -/-                                                        | <30                                         |
| PE-Cs                     | Чай ( <i>Camellia sinensis</i> )                        | 2,0/0,5                                                    | <10                                         |
| PE-Hp                     | Зверобой продырявленный ( <i>Hypericum perforatum</i> ) | 2,0/0,5                                                    | <10                                         |

Примечание: тестирование проводилось при максимальной концентрации пептидных экстрактов (2 мг/мл)

Дефензины из *S. media* также показали активность и против других оомицетов, *Ph. betae* (ИК<sub>50</sub> = 0,52 мкМ) и *P. debaryanum* (ИК<sub>50</sub> = 1,0 мкМ) [10].

Антиоомицетная активность растительных пептидов и пептидных экстрактов известна и для других растений-доноров. Например, дефензин GhPDF2.4 из *Gerbera hybrida*, экспрессированный в прокариотической системе, ингибировал рост мицелия и задерживал образование утолщенных гиф *Ph. cryptogea*, *in vitro* [12]. Применение очищенных неспецифических липид-переносящих белков из кукурузы (*Zea mays*) для предпосевной обработки семян восприимчивого к болезни сорта африканского проса снизило развитие болезни до 40% в сравнении с более 95% у контрольных растений в закрытом грунте [3]. Пептидный

экстракт устойчивого к *Phytophthora* spp. генотипа *H. brasiliensis* показал снижение выраженности болезни у восприимчивых растений гевеи с 80 до 60% при обработке пептидным экстрактом после заражения [13].

#### Заключение

Полученные результаты позволяют рассматривать АМП и пептидные экстракты как потенциальные основы препаратов для защиты растений.

#### Заявление о конфликте интересов.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### Финансирование.

Работа поддержана грантом Российского научного фонда № 19-76-30005-П.

#### Литература

1. Ivanov A.A., Ukladov E.O., Golubeva T.S. *Phytophthora infestans*: an overview of methods and attempts to combat late blight // Journal of Fungi, 2021, V.7(12). – N. 1071. <https://doi.org/10.3390/jof7121071>
2. Molina A., Garcia Olmedo F. Enhanced tolerance to bacterial pathogens caused by the transgenic expression of barley lipid transfer protein LTP2 // The Plant Journal, 1997, V. 12(3). – P. 669-675. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3113X.1997.00669.x>
3. Manjula S., Murali M., Shivamurthy G.R. et al. Non-specific lipid transfer proteins (ns-LTPs) from maize induce resistance in pearl millet against downy mildew disease // Phytoparasitica, 2015, V. 43. – P. 437-447. <https://doi.org/10.1007/s12600-014-0446-x>
4. Oshchepkova Y.I., Veshkurova O.N., Rogozhin E.A. et al. (). Isolation of the lipid-transporting protein Ns-LTP1 from seeds of the garden fennel flower (*Nigella sativa*) // Russian Journal of Bioorganic Chemistry, 2009, V. 35(3). – P. 315-319. <https://doi.org/10.1134/S1068162009030054>
5. Barashkova A.S., Smirnov A.N., Zorina E.S. et al. Diversity of cationic antimicrobial peptides in black cumin (*Nigella sativa* L.) seeds // International Journal of Molecular Sciences, 2023, V. 24(9). – N. 8066. <https://doi.org/10.3390/ijms24098066>
6. Rogozhin E.A., Oshchepkova Y.I., Odintsova T.I. et al. Novel antifungal defensins from *Nigella sativa* L. seeds // Plant Physiology and Biochemistry, 2011, V. 49(2). – P. 131-137. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2010.10.008>
7. Rogozhin E.A., Odintsova T.I., Musolyamov A.K. et al. (). The purification and characterization of a novel lipid transfer protein from caryopsis of barnyard grass (*Echinochloa crusgalli*) // Applied biochemistry and microbiology, 2009, V. 45. – P. 363-368. <https://doi.org/10.1134/S0003683809040024>
8. Rogozhin E.A., Ryazantsev D.Y., Grishin E.V. et al. Defense peptides from barnyard grass (*Echinochloa crusgalli* L.) seeds // Peptides, 2012, V. 38(1). – P. 33-40. <https://doi.org/10.1016/j.peptides.2012.08.009>
9. Odintsova T.I., Rogozhin E.A., Baranov Y. et al. Seed defensins of barnyard grass *Echinochloa crusgalli* L. Beauv // Biochimie, 2008, V. 90(11-12). – P. 1667-1673. <https://doi.org/10.1016/j.biochi.2008.06.007>
10. Slavokhotova A.A., Odintsova T.I., Rogozhin E.A. et al. Isolation, molecular cloning and antimicrobial activity of novel defensins from common chickweed (*Stellaria media* L.) seeds // Biochimie, 2011, V. 93(3). – P. 450-456. <https://doi.org/10.1016/j.biochi.2010.10.019>
11. Rogozhin E.A., Vasilchenko A.S., Barashkova A.S. et al. Peptide extracts from seven medicinal plants discovered to inhibit oomycete *Phytophthora infestans*, a causative agent of potato late blight disease // Plants, 2020, V. 9(10). – N. 1294. <https://doi.org/10.3390/plants9101294>
12. Cheng C., Wu H., Zhang Y. Characterization and functional analysis of gerbera plant defensin (PDF) genes reveal the role of GhPDF2. 4 in defense against the root rot pathogen *Phytophthora cryptogea* // Abiotech, 2024, V. 5(3). – P. 325-338. <https://doi.org/10.1007/s42994-024-00146-8>
13. Havanapan P.O., Ieamkheng S., Phungthanom N. et al. Peptidomic analysis and anti-microbial activity of serum peptide from *Hevea brasiliensis* Clone BPM24 // Protein and Peptide Letters, 2023, V. 30(4). – P. 335-350. <https://doi.org/10.2174/0929866530666230331083921>



## ВЛИЯНИЕ КРЕМНИЙСОДЕРЖАЩЕГО УДОБРЕНИЯ АПАСИЛ НА УРОЖАЙНОСТЬ И СОХРАННОСТЬ СВЕКЛЫ СТОЛОВОЙ (*BETA VULGARIS* L.)

С.М. Надежкин<sup>1,2</sup>, А.Ф. Пэлий<sup>3</sup>, М.Ю. Маркарова<sup>1</sup>, А.В. Молчанова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФНЦ овощеводства, ВНИИССОК, Московская обл., e-mail: nadegs@yandex.ru

<sup>2</sup>Учебно-опытный почвенно-экологический центр МГУ имени М.В. Ломоносова, Московская область

<sup>3</sup>АО «Апатит», Москва

**Аннотация.** Использование кремнийсодержащего препарата АпаСил при обработке семян и foliarной обработке растений оказало положительное влияние на урожайность и сохранность корнеплодов свеклы столовой. Применение АпаСил для предпосевной обработки обеспечило рост продуктивности на 3,2 т/га, а использование его для некорневой подкормки в дозах 200-400 г/га привело к росту урожайности на 3,1-3,9 т/га. В неблагоприятных погодных условиях применение АпаСил существенно снижало потери от болезней: при использовании предпосевной обработки семян – на 3,5%, а foliarных обработках – еще на 1,4-2,0%.

**Ключевые слова:** свекла столовая, кремний, foliarная обработка, урожайность, сохранность.

### INFLUENCE OF SILICON-CONTAINING FERTILIZER APASIL ON YIELD AND CONSERVATION OF TABLE BEET (*BETA VULGARIS* L.)

S.M. Nadezhkin<sup>1,2</sup>, A.F. Peliy<sup>3</sup>, M.Y. Markarova<sup>1</sup>, A.V. Molchanova<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Federal Scientific Vegetable Center, VNISSOK, Moscow Region, e-mail: nadegs@yandex.ru

<sup>2</sup>AECFE of the Lomonosov Moscow State University, Moscow region, Russia

<sup>3</sup>AJSC «Apatit», Moscow, Russia

**Abstract.** The use of the silicon-containing preparation ApaSil in its seed and foliar treatment of plants had a positive effect on the yield and conservation of root beet. The use of ApaSil for pre-seeding increased productivity by 3.2 t/ha, and its use for non-root feeding in doses of 200-400 g/ha resulted in an increase in yield of 3.1-3.9 t/ha. In adverse weather conditions, the application of ApaSil provided a significant reduction in disease losses – with pre-seeding treatment of seeds by 3.5% and foliar treatments – by another 1.4-2.0%.

**Keywords:** beet canteen, silicon, foliar processing, yield, conservation.

**Введение.** Столовая свекла – одна из основных овощных культур, обладающая высокими питательными, вкусовыми и лечебными свойствами. В корнеплодах свеклы содержится до 14% углеводов, среди них сахароза (около 6%), пектиновые вещества (1,1%), целлюлоза (0,9%) и в меньших количествах – глюкоза и фруктоза [1]. В корнеплодах свеклы содержатся витамины группы В, β-каротин, витамин РР, витамин С, а также вещества, обладающие Р-витаминной активностью. Фиолетово-красная окраска корнеплодов свеклы столовой обусловлена наличием в них водорастворимых растительных пигментов – бетанинов, являющихся важнейшими антиоксидантами [2-4]. Бетанины эффективно подавляют окисление липидов и проявляют антиканцерогенную, антибактериальную и противовирусную активность, участвуют в образовании холина, повышающего жизнедеятельность клеток печени, и препятствует возникновению злокачественных опухолей [5, 6].

Рациональное применение удобрений под свеклу заключается как в определении норм основных макроэлементов, так и использовании микроэлементов и других агрохимикатов [7]. В земледелии кремний рассматривается как условно необходимый растениям элемент, не входящий в двадцатку наиболее нужных. Однако, несмотря на высокое содержание кремния в почвах, его доступность для растений очень низкая [3].

Кремний может выступать в качестве регулятора в условиях дисбаланса питательных веществ, например, когда повышенный уровень поступления фосфора вызывает дефицит цинка. Он смягчает симптомы влияния фосфорного дефицита на урожайность [8], предположительно из-за внутрирастительных механизмов, улучшающих утилизацию фосфора за счет увеличения фосфорилирования [4] или снижения концентрации марганца [9]. Применение кремния увеличивает поглощение К, Р, Zn и Fe, когда их содержание было пониженным в пахотном слое, снижая при этом поглощение Са [10].

**Цель исследования** – изучение влияния на урожайность и сохранность корнеплодов свеклы столовой кремнийсодержащего препарата АпаСил при обработке семян и foliarной обработке растений.

**Методика.** Полевые исследования проводили на опытном поле ФГБНУ ФНЦО, Московская область, Одинцовский р-н, пос. ВНИИССОК. Дерново-подзолистая тяжелосуглинистая почва опытного участка характеризуется низким (1,62-1,95%) содержанием гумуса, очень высоким подвижного фосфора (360-450 мг/кг) и высоким – подвижного калия (170-210 мг/кг).

ГТК за период вегетации 2021 г. составил 1,05, в 2022 г. – 0,83, однако в 2022 г. в период за 30 суток до уборки урожая выпало 126 мм осадков (в 2 раза выше среднеемноголетних значений).

В опытах использован сорт свеклы столовой Добрыня (оригинатор – ФГБНУ ФНЦО) – среднеспелый, односемянный, период от всходов до урожая составляет 90-110 суток. Сорт характеризуется средней листовой розеткой с обратотреугольной формой листовой пластинки, округло-плоским корнеплодом с темно-красной мякотью. Урожайность – 55-60 т/га, товарность – 87-90%, средняя масса товарного корнеплода – 180-220 г.

Испытывали препарат АпаСил (производитель АО «Апатит»), представляющий собой аморфный диоксид кремния с повышенным содержанием монокремниевой кислоты, т.е. в сочетании двух самых доступных для растений источников кремния. Содержание  $\text{SiO}_2$  – 31,57%. Семена замачивали в препарате АпаСил за день до посева, посев проводили вручную. Норма посева свеклы – 450 тыс. шт/га.

Схема опыта: 1. Без удобрения (контроль); 2.  $\text{N}_{88}\text{P}_{65}\text{K}_{69}\text{S}_5$  – Фон 1; 3 – Фон 1 + предпосевная обработка семян АпаСил из расчета 50 г/т семян (фон 2); 4. Фон 2 + некорневая подкормка АпаСил в фазе 2-х настоящих листьев и в фазе смыкания листьев в рядах из расчета 100 г/га; 5. Фон 2 + некорневая подкормка АпаСил из расчета 200 г/га; 6. Фон 2 + некорневая подкормка АпаСил из расчета 300 г/га; 7. Фон 2 + некорневая подкормка АпаСил из расчета 400 г/га.

Размер опытной делянки – 15 м<sup>2</sup>, повторность – четырехкратная.

Сохранность корнеплодов моркови столовой и анализ биохимического состава проводили по общепринятым методикам [1, 10].

Статистическую обработку результатов опытов проводили методом однофакторного дисперсионного анализа с применением MS Excel.

**Результаты.** В среднем за два года исследований рост товарной урожайности под влиянием минеральных удобрений составил 13,1 т/га, или 31,3% к контролю (табл. 1). Применение АпаСил для предпосевной обработки обеспечило рост продуктивности на 3,2 т/га. Использование кремнийсодержащего удобрения для некорневой подкормки в дозах 200-400 г/га обеспечивало рост урожайности на 3,1-3,9 т/га.

Общая урожайность корнеплодов свеклы под влиянием минеральных удобрений возрастала на 13,1 т/га, при использовании АпаСил для обработки семян – на 3,3 т/га, а при foliarной обработке – на 3,3-4,0 т/га.

Товарность урожая корнеплодов в 2021 г. была выше на 1,8-7,0% в сравнении с 2022 г. В условиях 2022 г. под влиянием как минеральных удобрений, так и применения АпаСил выявлено снижение нетоварной продукции с 10,5 до 9,6-9,2 т/га. В конечном итоге это способствовало росту товарности с 77,6% в контрольном варианте до 81,5% при использовании минеральных удобрений и до 83,0% при совместном использовании АпаСил для обработки семян и внесения в виде подкормок в норме 100-400 г/га.

Оценка сохранности корнеплодов свеклы проведена после хранения в течение 6 месяцев с учетом естественной убыли от дыхания и от болезней. В сезон 2021-2022гг. естественная убыль товарных корнеплодов урожая составила 8,3-7,7% и незначительно отличалась по вариантам опыта (табл. 2). Потери за счет болезней были наибольшими в контрольном варианте – 2,1%. Использование АпаСил способствовало снижению потерь от болезней до 0,9-0,5%.

### 1. Урожайность свеклы столовой, т/га

| Вариант*          | Товарная, т/га |         |                   |      | Общая, т/га |         |                   |       |
|-------------------|----------------|---------|-------------------|------|-------------|---------|-------------------|-------|
|                   | 2021 г.        | 2022 г. | Среднее за 2 года | ±, % | 2021 г.     | 2022 г. | Среднее за 2 года | ±, %  |
| 1                 | 47,3           | 36,4    | 41,8              | -    | 53,0        | 46,9    | 50,0              |       |
| 2                 | 59,4           | 50,2    | 54,9              | 13,1 | 66,4        | 51,9    | 63,1              | +13,1 |
| 3                 | 61,7           | 54,5    | 58,1              | 16,3 | 69,0        | 54,0    | 66,4              | +16,4 |
| 4                 | 62,5           | 56,4    | 59,4              | 17,6 | 69,8        | 54,1    | 67,7              | +17,7 |
| 5                 | 65,9           | 58,2    | 62,0              | 20,2 | 73,3        | 54,4    | 70,4              | +20,4 |
| 6                 | 64,1           | 58,2    | 61,2              | 19,4 | 71,9        | 54,0    | 69,6              | +19,6 |
| 7                 | 65,2           | 58,2    | 61,7              | 19,9 | 72,9        | 53,8    | 70,2              | +20,2 |
| НСР <sub>05</sub> | 3,3            | 2,9     | 3,1               |      | 3,8         | 3,3     | 3,5               |       |

\* описания вариантов даны в тексте.

## 2. Сохранность корнеплодов свеклы столовой, 2021-2023 гг.

| Вариант*                       | Выход товарной<br>продукции, т/га | Потери, % от исходной товарной |                             |             |                   |       |        |
|--------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|-------------|-------------------|-------|--------|
|                                |                                   | всего                          | естественная<br>убыль массы | от болезней | по видам болезней |       |        |
|                                |                                   |                                |                             |             | фомоз             | парша | прочие |
| 2021-2022 гг.                  |                                   |                                |                             |             |                   |       |        |
| 1                              | 47,3                              | 10,4                           | 8,3                         | 2,1         | 1,8               | -     | 0,3    |
| 2                              | 59,4                              | 9,1                            | 8,0                         | 1,1         | 0,9               | -     | 0,2    |
| 3                              | 61,7                              | 8,8                            | 7,9                         | 0,9         | 0,7               | -     | 0,2    |
| 4                              | 62,5                              | 8,3                            | 7,8                         | 0,5         | 0,5               | -     | -      |
| 5                              | 65,9                              | 8,2                            | 7,8                         | 0,4         | 0,4               |       | -      |
| 6                              | 64,1                              | 8,2                            | 7,7                         | 0,5         | 0,5               | -     | -      |
| 7                              | 65,2                              | 8,2                            | 7,7                         | 0,5         | 0,5               | -     | -      |
| 2022-2023 гг.                  |                                   |                                |                             |             |                   |       |        |
| 1                              | 36,4                              | 29,6                           | 13,1                        | 16,5        | 10,3              | 2,8   | 3,4    |
| 2                              | 50,2                              | 21,3                           | 11,2                        | 10,1        | 6,9               | 1,9   | 1,3    |
| 3                              | 54,5                              | 17,6                           | 11,0                        | 6,6         | 4,2               | 1,3   | 1,1    |
| 4                              | 56,4                              | 15,7                           | 10,6                        | 5,1         | 4,0               | 0,6   | 0,5    |
| 5                              | 58,2                              | 15,4                           | 10,3                        | 5,1         | 4,0               | 0,5   | 0,6    |
| 6                              | 58,2                              | 15,4                           | 10,9                        | 4,5         | 3,4               | 0,6   | 0,5    |
| 7                              | 58,2                              | 15,1                           | 10,9                        | 4,2         | 3,1               | 0,6   | 0,5    |
| * описания вариантов в тексте. |                                   |                                |                             |             |                   |       |        |

\* описания вариантов в тексте.

Иная картина сложилась в 2022-2023 гг.: естественная убыль колебалась от 10,3 до 13,1%. В то же время потери урожая при хранении от болезней возрастали на контрольном варианте и при использовании минеральных удобрений до 16,5 и 10,1% соответственно. Использование АпаСил незначительно сказывалось на снижении естественной убыли. Однако, снижение потерь от болезней было существенным: при использовании предпосевной обработки семян потери от болезней снизились на 3,5%, а применение фолиарных обработок кремнийсодержащим препаратом способствовало повышению сохранности еще на 1,4-2,0%. При этом наибольшее снижение потерь при хранении от использования АпаСил характерно для фомоза и парши.

**Заключение**

Использование минеральных удобрений в норме  $N_{86}P_{65}K_{69}S_5$  способствует росту товарной и общей урожайности корнеплодов свеклы столовой, в среднем за 2 года исследований на 13,1 т/га. Применение кремнийсодержащего препарата АпаСил для предпосевной обработки семян обеспечивало прирост урожайности на 3,3 т/г, а под влиянием некорневых подкормок – дополнительно на 3,3-4,0 т/га.

В условиях неблагоприятного 2022 г. обработка семян АпаСил снижала общие потери от болезней во время хранения корнеплодов в 1,5 раза, от фомоза в 1,6 раза, от парши в 1,5 раза в сравнении с фоном минеральных удобрений. Фолиарная обработка АпаСил способствовала снижению потерь от болезней во время хранения.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Литература**

1. Борисов В.А., Литвинов С.С., Романова А.В. Качество и лежкость овощей. – М.: ВНИИО, 2003. – 628 с.
2. Леунов В.И. Столовые корнеплоды в России. – М.: ТНИ КМК, 2011. – 272 с.
3. Матыченков И.В., Хомяков Д.М., Пахненко Е.П., Бочарникова Е.А., Матыченков В.В. Подвижные кремниевые соединения в системе почва-растение и методы их определения // Вестник Моск. университета, серия 17. Почвоведение, 2016, № 3. – С. 37-46.
4. Cheong Y.W.Y., Chan P.Y. Incorporation of P32 in phosphate esters of the sugar caneplant and the effect of Si and Al on the distribution of these esters // Plant Soil, 1973, V. 38. – P. 113-123.
5. Song A.L., Li P., Li Z.J., Fan F.L., Nikolic M., Liang Y.C. 2011. The alleviation of zinctoxicity by silicon is related to zinc transport and antioxidative reactions in rice // Plant Soil, 2011, V. 344. – P. 319-333.
6. Борисов В.А. Система удобрения овощных культур. – М.: Росинформагротех, 2016. – 392 с
7. Guntzer F., Keller C., Meunier J.-D. Benefits of plant silicon for crops: a review // Agron. Sustain. Dev., 2012, V. 32. – P. 201-213.
8. Ma J.F., Yamaji N. Functions and transport of silicon in plants // Cell. Mol. Life Sci., 2008, V. 65. – P. 3049-3057.
9. Mehrabanjoubani P., Abdolzadeh A., Sadeghipour H.R., Aghdasi M. Silicon affects transcellular and apoplastic uptake of some nutrients in plants // Pedosphere, 2015, V. 25. – P. 192-201.
10. Голубкина Н.А., Кекина Е.Г., Молчанова А.В. и др. Антиоксиданты растений и методы их определения. – М.: ИНФРА-М, 2020. – 181 с.

## ПРИМЕНЕНИЕ ГЕРБИЦИДОВ В ПОСЕВАХ ЦИКОРИЯ КОРНЕВОГО

А.В. Николаев<sup>1</sup>, С.Н. Еланский<sup>2,3</sup>, А.А. Астайкина<sup>2</sup>, Е.Н. Кубарев<sup>2</sup>,  
А.М. Козырева<sup>2</sup>, Е.М. Чудинова<sup>3</sup>, И.В. Смирнова<sup>4</sup>, С.А. Шоба<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Костромская государственная сельскохозяйственная академия, Кострома

<sup>2</sup>Московский Государственный Университет имени М.В. Ломоносова, Москва

<sup>3</sup>Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, Москва

<sup>4</sup>Ростовская опытная станция по цикорию, филиал ФНЦ овощеводства, Ярославская обл.  
e-mail: snelansky@mail.ru

**Аннотация.** Одной из проблем выращивания цикория корневого в России является отсутствие зарегистрированных химических средств защиты растений, в том числе гербицидов. В настоящем исследовании проведена оценка эффективности и безопасности применения на посевах цикория гербицидов, используемых на цикории за рубежом и разрешенных в России на других культурах. Показано, что препараты Зета, ВРК и Парадокс, ВРК, с учетом исследованного регламента применения (вносимая доза препарата, фаза развития защищаемой культуры, фаза развития сорняков), оказались эффективными в отношении двудольных сорных растений и безопасными для цикория. В случае развития в посевах культуры однодольных сорняков можно рекомендовать Фюзилад Форте, КЭ и Зеллек-супер, КЭ, которые также не вызывали повреждений у цикория. Бетанал 22, КЭ вызывал ожоги листьев, но растения после его применения быстро восстанавливались. Зенкор ультра, КС и Титус, СТС не рекомендуются, так как вызывали сильные ожоги листьев растений цикория и негативно воздействовали на их рост и развитие после применения.

**Ключевые слова:** цикорий, гербициды, сорняки, урожайность корнеплодов, защита растений.

## APPLICATION OF HERBICIDES IN CHICORY ROOT CROPS

A.V. Nikolaev<sup>1</sup>, S.N. Elansky<sup>2,3</sup>, A.A. Astaikina<sup>2</sup>, E.N. Kubarev<sup>2</sup>, E.M. Chudinova<sup>3</sup>, I.V. Smirnova<sup>4</sup>, S.A. Shoba<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Kostroma State Agricultural Academy, Kostroma

<sup>2</sup>Lomonosov Moscow State University, Moscow, e-mail: snelansky@mail.ru

<sup>3</sup>Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, Moscow

<sup>4</sup>Rostov vegetable experimental station for chicory – branch of the Federal Scientific Vegetable Center, Yaroslavl Region

**Abstract.** One of the problems of growing root chicory in Russia is the lack of registered chemical plant protection products, including herbicides. This study assesses the effectiveness and safety of using herbicides on chicory crops that are used on chicory abroad and approved in Russia for use on other crops. It is shown that the preparations Zeta and Paradox, taking into account the studied application regulations (the dose of the preparation applied, the development phase of the protected crop, the development phase of the weeds), were effective against dicotyledonous weeds and safe for chicory. In the case of development of monocotyledonous weeds in crops, Fusilade Forte and Zellek-super can be recommended, which also did not cause damage to chicory. Betanal 22 caused leaf burns, but the plants quickly recovered after its application. Zenkor Ultra and Titus are not recommended, as they caused severe burns to the leaves of chicory plants and had a negative impact on their growth and development after use.

**Keywords:** chicory, herbicide, weed, root crop yield, plant protection

**Введение.** Цикорий корневой (*Cichorium intybus* L.) – ценная овощная, техническая и лекарственная культура, содержащая инулин. По данным FAOSTAT в 2017 г. мировое производство цикория корневого составило 495,3 тыс. т на площади 14,5 тыс. га. В России в 2021 г. было произведено всего 38 т цикория корневого [1]. В настоящее время российские сельхозтоваропроизводители не выращивают цикорий в промышленных масштабах из-за нехватки специальной техники, высокой доли ручного труда при возделывании и уборке, а также из-за отсутствия разрешенных к применению на цикории химических средств защиты растений [2]. Гербицидов, официально разрешенных для защиты цикория от сорняков в РФ, в настоящее время нет [3].



**Цель работы** – изучение токсичности для цикория и эффективности в отношении однолетних и многолетних злаковых и двудольных сорных растений некоторых гербицидов, используемых в странах – ведущих производителях цикория и разрешенных в России к применению на других сельскохозяйственных культурах.

**Материалы и методы.** Для исследования был выбран сорт Петровский селекции Ростовской опытной станции по цикорию (пос. Петровский, Ростовский район, Ярославская область, Россия). Данный сорт цикория корневого имеет хорошо облиственную розетку, обладает большой площадью листовой поверхности (до 6583,4 см<sup>2</sup>) и является коротко-корнеплодным сортом, что позволяет использовать для его уборки существующую свеклоуборочную (и аналогичную) технику.

Полевой эксперимент был заложен в июне 2023 г. у села Спас Нерехтского района Костромской области с координатами 57°49' с.ш. и 40°94' в.д. Почвы участка дерново-подзолистые, среднесуглинистого механического состава, характеризуются низким уровнем залегания грунтовых вод. Размер опытного участка составил 2,8 х 2,5 м (7 м<sup>2</sup>). Между делянками защитные полосы шириной 1,5 м, на которых происходило естественное развитие сорной растительности. Форма участка прямоугольная, расположение систематическое. Посадку проводили 12 июня, но из-за засушливой и прохладной погоды растения до начала июля практически не развивались. Длина вегетационного периода в 2023 г. составила 131 день.

Для полевого эксперимента были выбраны семь препаратов (таблица). Препараты с действующими веществами галоксифоп-Р-метил, имазамокс, имазетапир, флуазифоп-П-бутил, десмедифам и фенмедифам применяют в странах-лидерах по производству цикория. Обработку гербицидами проводили 3 августа 2023 г. в фазе 4 настоящих листьев, при высоте растений 7-10 см. Приготовление растворов препаративных форм тестируемых гербицидов проводили в концентрациях, указанных в таблице.

**Нормы применения гербицидов**

| №               | Вариант (используемый гербицид)                              | Действующее вещество    | Норма применения, л/га* |
|-----------------|--------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 1               | Контроль (обработка чистой водой, без удаления сорняков)     |                         |                         |
| 2               | Контроль (обработка чистой водой, удаление сорняков вручную) |                         |                         |
| 3               | Бетанал 22, КЭ (160 + 160 г/л)                               | Десмедифам + фенмедифам | 1,2                     |
| 4               | Зенкор ультра, КС (600 г/л)                                  | Метрибузин              | 0,35                    |
| 5               | Зеллек-супер, КЭ (104 г/л)                                   | Галоксифоп-р-метил      | 1,9                     |
| 6               | Зета, ВРК (100 г/л)                                          | Имазетапир              | 0,75                    |
| 7               | Парадокс, ВРК (120 г/л)                                      | Имазамокс               | 0,28                    |
| 8               | Титус, СТС (250 г/кг)                                        | Римсульфурон            | 0,04                    |
| 9               | Фюзилад Форте, КЭ (150 г/л)                                  | Флуазифоп-П-бутил       | 2,5                     |
| * согласно [3]. |                                                              |                         |                         |

Для опрыскивания каждой делянки в ранцевый опрыскиватель «Finland» заливали 0,21 л. рабочей жидкости, в которой было растворено следующее количество каждого препарата: Бетанал-22, КЭ – 0,84 мл., Зенкор ультра, КС – 0,245 мл., Зеллек-супер, КЭ – 1,33 мл., Зета, ВРК – 0,525 мл., Парадокс, ВРК – 0,196 мл., Титус, СТС – 0,028 г, Фюзилад Форте, КЭ – 1,75 мл. Весь объем рабочего раствора полностью выливали на одну делянку (7 м<sup>2</sup>), распределяя рабочую жидкость равномерно по всей ее площади. Все варианты эксперимента выполнены в трехкратной повторности. Всего заложено 27 делянок. Опрыскивание посевов цикория проводили с использованием средств индивидуальной защиты.

Первый и второй учеты роста растений были 18 августа и 3 сентября соответственно. На каждой делянке были замерены случайно выбранные 10 растений цикория и сорняков. Крайние растения в рядах на делянках не учитывали. Высоту растений оценивали по листу максимальной длины. Количество листьев – все листья, живые и отмершие на растении. Третий учет (после уборки) был 20 октября. Учет длины, массы, объема, максимального диаметра корнеплодов проводили после уборки суммарно на 30 растениях с каждой делянки.

Статистический анализ данных проводили в программе Excel. На графиках и в тексте результаты представлены как средние значения и указана ошибка среднего при уровне значимости 0,95.

**Результаты и обсуждение.** По результатам первого учета на делянках, обработанных гербицидами, высота растений цикория была меньше, чем в контроле без ручной прополки сорных растений. Второй учет показал, что в контроле и в вариантах с гербицидами Бетанал 22, КЭ, Зеллек Супер, КЭ, Парадокс, ВРК и Фюзилад Форте, КЭ высота цикория составила в среднем 50 см. При первом учете на делянках, обработанных гербицидами Зенкор ультра, КС и Титус, СТС высота растений цикория была минимальной (29 и 32 см). Во втором учете растения, обработанные препаратом Зенкор ультра, КС, оправались от стресса и пошли в рост (42 см во втором учете). Растения, обработанные гербицидом Титус, СТС остались угнетенными и отставали в росте от других вариантов (38 см во втором учете). Количество листьев на растениях цикория было максимальным в вариантах с гербицидами Зета, ВРК, Парадокс, ВРК и Титус, СТС как в первом, так и во втором учете.

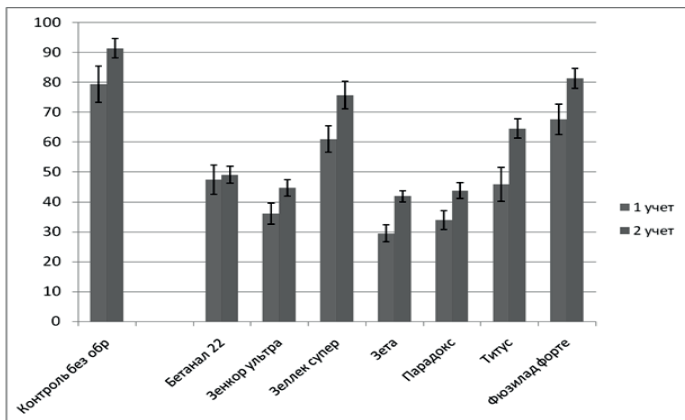


Рис. 1. Высота растений сорняка Марь белая, см

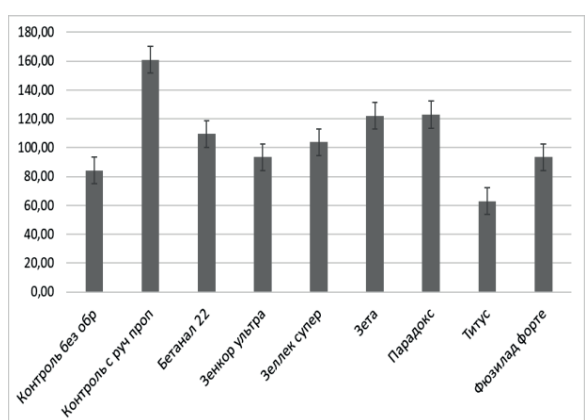


Рис. 2. Средний вес корнеплода, г

По результатам двух учетов высоты сорного растения Марь белая можно отметить, что наибольшей эффективностью отличались препараты Зета, ВРК, Парадокс, ВРК и Зенкор ультра, КЭ. Менее эффективным показал себя Бетанал 22, КЭ. Препараты Зеллек-супер, КЭ и Фюзилад Форте, КЭ не оказали заметного влияния на изучаемые сорные растения, поскольку на делянках преобладали двудольные сорняки. Титус, СТС был эффективен по результатам первого учета, средняя высота сорняка Мари белой составила 46 см, однако во втором учете высота сорного растения составила уже 63 см (рис. 1).

Послеуборочный учет показал, что максимальный усредненный вес корнеплода цикория составил 160 г в варианте с ручной прополкой сорных растений (удалением сорняков вручную) (рис. 2).

В целом на делянках, обработанных гербицидами, по сравнению с контрольным вариантом без удаления сорняков, средний вес корнеплода оказался выше, за исключением варианта с гербицидом Титус, СТС. В контрольном варианте с ручной прополкой делянок средняя длина и диаметр корнеплода цикория также оказались максимальными. После обработки посевов цикория Титус, СТС отмечено снижение длины и диаметра корнеплодов по сравнению с контрольными вариантами и с вариантами, обработанными другими гербицидами.

Полученные данные хорошо согласуются с результатами предыдущих исследований авторов данной работы. В 2022 г. в полевом эксперименте в Ярославской области оценивалась эффективность и безопасность применения на цикории корневого пяти препаратов Зеллек-супер, КЭ, Парадокс, ВРК, Зета, ВРК, Фюзилад Форте, КЭ, Бетанал 22, КЭ. По результатам учетов наиболее эффективными в отношении двудольных сорняков (*Chenopodium album*, *Thlaspi arvense*, *Sonchus* spp.) и не оказывающими негативного влияния на цикорий оказались гербициды Зета, ВРК и Парадокс, ВРК. Хроматографический анализ остаточных количеств гербицидов показал, что действующие вещества всех исследованных пестицидов не накапливаются в корнеплодах цикория в детектируемых прибором концентрациях [3].

**Заключение.** Проведенные исследования показали, что в посевах цикория корневого для борьбы с двудольными сорняками можно рекомендовать гербициды Зета, ВРК и Парадокс, ВРК. В случае развития однодольных сорняков – гербициды Фюзилад Форте, КЭ и Зеллек-супер, КЭ. При исследованном регламенте применения (вносимая доза препарата, фаза развития защищаемой культуры, фаза развития сорняков) они оказались эффективными и не вызывали повреждения культуры. Бетанал 22, КЭ обжигает листья, но растения после его применения быстро восстанавливаются. Зенкор ультра, КЭ и Титус, СТС не рекомендуются для использования, так как сильно обжигают листья растений и негативно воздействуют на их рост после применения.

**Заявление о конфликте интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Финансирование.** Исследование выполнено при поддержке Евразийского центра по продовольственной безопасности (Аграрный центр).

#### Литература

1. FAOSTAT 2023. Crops and livestock products. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize> (accessed on December 24, 2023).
2. Вьютнова О.М. История и распространение культуры цикория // Овощи России, 2016, V. 1. – Р. 52-53. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2016-1-52-53>
3. Каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории РФ. Часть 1. Пестициды (официальное издание по состоянию на 5 декабря 2023 года). – М.: МСХ РФ, 2025.
4. Astaykina A., Elansky S., Kubarev E. et al. Identifying the Best Herbicides for Weed Control in Chicory (*Cichorium intybus*) // Agriculture, 2023, V. 13. – N. 1152. <https://doi.org/10.3390/agriculture13061152>

## ВАРЬИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ (*SOLANUM TUBEROSUM* L.) В УСЛОВИЯХ ФАЙЗАБАДСКОГО РАЙОНА ТАДЖИКИСТАНА

К. Партоев<sup>1</sup>, Е.А. Симаков<sup>2</sup>, У.К. Алиев<sup>1</sup>, Е.Н. Кубарев<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Институт ботаники, физиологии и генетики растений НАН Таджикистана, г. Душанбе,  
Таджикистан, e-mail: pkurbonali@mail.ru

<sup>2</sup>ФИЦ картофеля им. А.Г. Лорха, Московская область

<sup>3</sup>Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва

**Аннотация.** В представленной статье рассматривается влияние экологических условий Файзабадского района Таджикистана на высоте 1500 м над уровнем моря на степень варьирования урожайности разных сортов картофеля. Установлено, что почвенно-климатические условия горной зоны оказывают положительное воздействие на уровень показателей хозяйственно ценных признаков сортообразцов картофеля. В условиях горной зоны урожайность сортообразцов картофеля варьировала от 5,9 до 28,4 т/га. При этом сортообразцы картофеля таджикской селекции МИК-№ 60, МИК-Пикассо, Файзи Истиклол и российской селекции Ариэль, Садон и Флагман проявили высокую урожайность в условиях горной зоны Таджикистана.

**Ключевые слова:** картофель, сортообразцы, продуктивность, урожайность, экология, Таджикистан.

## VARYING THE YIELD OF POTATO VARIETIES (*SOLANUM TUBEROSUM* L.) IN THE CONDITIONS OF THE FAYZABAD DISTRICT OF TAJIKISTAN

K. Partoev<sup>1</sup>, E.A. Simakov<sup>2</sup>, U.K. Aliev<sup>1</sup>, E.N. Kubarev<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Institute of botany, plant physiology and genetics of the National Academy of Sciences of Tajikistan,  
Dushanbe, Tajikistan, e-mail: pkurbonali@mail.ru

<sup>2</sup>Federal Potato Research Center, Moscow region

<sup>3</sup>Lomonosov Moscow State University, Moscow

**Abstract.** The presented article examines the influence of the environmental conditions of the Fayzabad region of Tajikistan at an altitude of 1500 m above sea level on the degree of variation in yields of different potato varieties. It has been established that the soil and climatic conditions of the mountainous zone have a positive effect on the level of economically valuable characteristics of potato cultivars. In the conditions of the mountainous zone, the yield of potato cultivars ranged from 5.9 to 28.4 t/ha. At the same time, potato cultivars of Tajik breeding MIK-№ 60, MIK-Picasso, Faizi Istiklol and Russian breeding Ariel, Sadon and Flagship showed high yields in the mountainous zone of Tajikistan.

**Keywords:** potatoes, cultivars, productivity, yield, ecology, Tajikistan.

В Республике Таджикистан картофель (*Solanum tuberosum* L.) – одна из основных сельскохозяйственных культур, которая играет особую роль в решении продовольственной безопасности. Необходимо отметить, что картофель в обеспечении калорийной пищи для человека занимает одно из ведущих мест среди других продовольственных культур [3]. Исследования, проведенные в Республике Таджикистан, показали, что в перспективе возможности увеличения продуктивности картофеля тесно связаны с использованием в производстве новых сортов и качественного посадочного материала [1, 3-6].

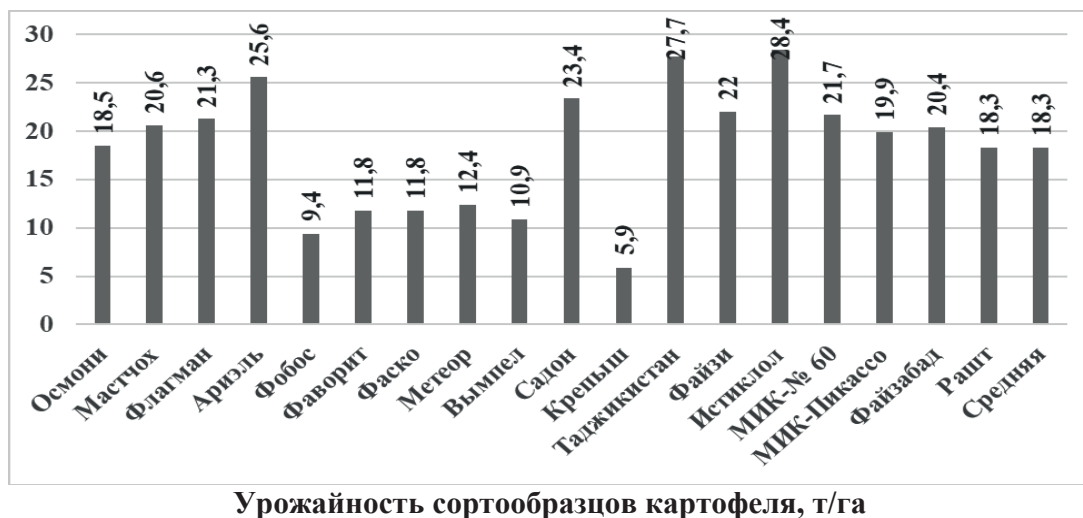
**Цель работы** – изучение особенности формирования продуктивности новых сортов картофеля селекции ФИЦ картофеля им. А.Г. Лорха и сортообразцов картофеля селекции Института ботаники, физиологии и генетики растений Национальной академии наук Таджикистана в условиях горной зоны Таджикистана.

**Материалы и методы.** Исследования по сравнительной экологической оценке новых генотипов картофеля проведены в горных условиях Файзабадского района Таджикистана (с. Карасанг) на высоте 1500 м над уровнем моря. В качестве объектов исследования использовали элитные семенные клубни разных сортообразцов картофеля и оздоровленные микро-клубни клона № 60 и сорта Пикассо (МИК-№ 60, МИК-Пикассо). Стандартом служил новый сорт картофеля Файзабад. Посадка каждого сортообразца картофеля

в опыте четырехрядковая по схеме 70 x 30 см. Срок посадки – начало мая. В процессе вегетации растений вносили минеральные удобрения в дозе  $N_{70}P_{100}K_{60}$  и проводили два рыхления междурядий (вручную), прополку сорняков, окучивание и шесть поливов. В процессе роста картофеля осуществляли фенологические наблюдения за наступлением основных фаз развития растений (всходы, бутонизация, цветение, отмирание ботвы). Кроме этого, в разные фазы развития растений определяли высоту растений, общую биологическую массу (количество стеблей, массу одного клубня, количество и массу клубней) и урожайность сортообразцов. Уборка картофеля проведена в конце августа. Статистическую обработку полученных данных проводили по методике Б.А. Доспехова [2].

**Результаты исследования.** Согласно проведенным исследованиям, в агроэкологических условиях Файзабадского района Таджикистана изученные сортообразцы картофеля формируют различный уровень показателей продуктивности. В частности, размах варьирования массы клубней сортообразцов отмечен в пределах от 83 до 400 г на одно растение. Следует подчеркнуть, что изученные сортообразцы картофеля в условиях горной зоны, в зависимости от их генотипической особенности, значительно различались по важному хозяйственно ценному признаку – продуктивности. При этом все изученные сортообразцы картофеля подразделили на четыре группы: первая группа – от 83 до 133 г/раст., вторая – от 166 до 260 г/раст., третья – от 280 до 300 г/раст. и четвертая – от 310 до 400 г/раст. Средняя продуктивность по всем сортообразцам картофеля в опыте составляла 258,2 г/раст.

Как видно на рисунке среди сортообразцов картофеля в условиях Файзабадского района Таджикистана отмечен значительный диапазон варьирования уровня урожайности от 5,9 до 28,4 т/га. При этом установлено, что наиболее высокими показателями урожайности характеризовались сортообразцы Мик №-60, Ариэль, Файзи Истиклол, а также новые сорта картофеля – Таджикистан и Садон.



Урожайность сортообразцов картофеля, т/га

**Заключение.** В условиях Файзабадского района Таджикистана, на высоте 1500 м над уровнем моря наиболее высокие показатели урожайности установлены у сортообразцов картофеля МИК №-60, МИК Пикассо, Файзи Истиклол, Ариэль, Садон, Флагман, а также новых сортов картофеля таджикской селекции Таджикистан, Рашт и Файзабад, которые можно рекомендовать для выращивания в условиях горной зоны Таджикистана.

**Заявление о конфликте интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### Литература

1. Алиев К.А. Биотехнология растений: клеточно-молекулярные основы. – Душанбе, 2012. – 173 с.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М., 1985. – 365 с.
3. Курбонов М.М. Урожайность картофеля в разных агроэкологических условиях Центрального Таджикистана. – Душанбе, 2021. – 125 с.
4. Муминджанов Х.А. Физиолого-биотехнологический подход к селекции и семеноводству картофеля. – Душанбе, 2003. – 126 с.
5. Партоев К., Сатторов Б.Н., Курбонов М.М. Интродукция новых коллекционных образцов картофеля в условиях Таджикистана / Материалы X-ой Международной конференции «Экологические особенности биологического разнообразия Таджикистана». Душанбе, 2023. – С. 133-134.
6. Салимов А.Ф. Биотехнологические основы получения качественного семенного картофеля в Таджикистане: автореф. дисс. д.с.-х.н. Душанбе, 2007. – 48 с.



## РОЛЬ СЕЛЕКЦИИ В ПОВЫШЕНИИ АДАПТАЦИИ РАСТЕНИЙ И ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В УСЛОВИЯХ ТАДЖИКИСТАНА

К. Партоев<sup>1</sup>, Б.Н. Сатторов<sup>1</sup>, У.А. Алиев<sup>1</sup>, С. Мирзоали<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт ботаники, физиологии и генетики растений НАН Таджикистана,  
г. Душанбе, Республика Таджикистан, e-mail: pkurbonali@mail.ru

<sup>2</sup>Таджикский государственный педагогический университет им. С. Айни,  
г. Душанбе, Республика Таджикистан

**Аннотация.** Приведены научные результаты по созданию новых перспективных сортов ряда сельскохозяйственных культур, которые в настоящее время широко возделываются в фермерских хозяйствах Таджикистана. На основе анализа работы местных и зарубежных селекционеров установлено, что в будущем для адаптации сельскохозяйственных культур к изменению климата и улучшению продовольственной безопасности важную роль играют такие методы селекции, как отдаленная межвидовая гибридизация, мутагенез и интродукция. Из-за того, что глобальное изменение климата вызывает повышение температуры воздуха, увеличение засоления почвы, нехватку влаги в почве, увеличение количества вредителей и болезней растений, в будущем необходимо активизировать генетические и селекционные исследования.

**Ключевые слова:** селекция, сорт, продуктивность, пшеница, картофель, топинамбур, адаптация, продовольственная безопасность, изменение климата, Таджикистан.

## THE ROLE OF BREEDING IN INCREASING ADAPTATION PLANTS AND FOOD SECURITY IN TAJIKISTAN

K. Partoev<sup>1</sup>, B.N. Sattorov<sup>1</sup>, U.A. Aliev<sup>1</sup>, S. Mirzoali<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institute of botany, plant physiology and genetics of the National Academy of Sciences of Tajikistan,  
Dushanbe, Tajikistan, e-mail: pkurbonali@mail.ru

<sup>2</sup>Tajik government pedagogical university after named by S. Aini, Dushanbe, Tajikistan

**Abstract.** The scientific results on the creation of new promising varieties of a number of agricultural crops, which are currently widely cultivated in the lands of farms in Tajikistan, are presented. Based on the analysis of the work of local and foreign breeders, it has been established that in the future, breeding methods such as remote interspecific hybridization, mutagenesis and introduction play an important role in adapting crops to climate change and improving food security. Due to the fact that global climate change causes an increase in air temperature, an increase in soil salinity, a lack of moisture in the soil, an increase in the number of pests and plant diseases, and so on, they require increased genetics and breeding research in the future.

**Keywords:** breeding, variety, productivity, wheat, potato, jerusalem artichoke, adaptation, food safety, climate change, Tajikistan.

**Введение.** Сбор и сохранение различных форм и образцов сельскохозяйственных культур играют важную роль в процессе селекции по созданию новых адаптированных сортов к изменению климата в будущем [1, 3]. Для создания новых сортов сельскохозяйственных культур требуются сочетания традиционных методов отбора и фундаментальных достижений и методических подходов физиологии и биохимии растений, генетики и агротехнологии [5, 6].

В связи с этим ученые Таджикистана уделяют особое внимание вопросам сбора, сохранения и вовлечения различных генотипов сельскохозяйственных растений и использования их в селекционном процессе. Согласно этому положению, начальный этап селекции должен базироваться на генетико-селекционном управлении продуктивностью растений [4].

**Материалы и методы.** В процессе оценки исходного материала, гибридизации, селекционных и семеноводческих работ по выведению новых сортов сельскохозяйственных культур были использованы: элитный семенной материал пшеницы (*Triticum aestivum* L.), овса (*Avena sativa* L.), картофеля (*Solanum tuberosum* L.) и топинамбура (*Helianthus tuberosus* L.). Селекционные работы проведены на экспериментальном участке Института ботаники, физиологии и генетики растений НАН Таджикистана, расположенного в восточной части города Душанбе на высоте 840 м над уровнем моря. Агротехнология – на основе

рекомендованной технологии для условий местности. Статистическую обработку полученных данных провели по методике [2] с использованием компьютерной программы Microsoft Excel, 2010.

**Результаты и обсуждение.** Основные селекционные достижения, полученные учеными Института ботаники, физиологии и генетики растений в течение более 10-15 лет на основе использования методов традиционной селекции и биотехнологии в условиях Таджикистана, представляют особый интерес для селекции.

**Пшеница (*Triticum aestivum* L.).** На основе использования классического селекционного метода отбора в 2010 г. среди популяции растений местного сорта пшеницы Зафар (Победа) выделено измененное растение Новый образец пшеницы был изучен и размножен в течение 2011-2021 гг. в различных селекционных питомниках, а в 2022 г. на основе решения Ученого совета Института ботаники, физиологии и генетики растений НАН Таджикистана был назван сортом Бахти Истиклол (Счастья Независимости) и передан в Государственную комиссию по сортоизучению и охране новых сортов сельскохозяйственных растений Министерства сельского хозяйства Республики Таджикистан.

Новый сорт пшеницы Бахти Истиклол значительно превышает материнский сорт пшеницы Зафар по ряду генетических признаков: длина колоса (на 20,76%); масса соломы с листьями (на 13,69%); масса колоса (на 80,75%); число зерен в колосе (на 65,26%); масса зерен одного колоса (на 23,53%) и масса 1000 зерен (на 28,05%). Новый сорт Бахти Истиклол созревает на 15 дней раньше, чем исходный материнский сорт, и по урожайности превышает сорт Зафар на 27,24%.

**Картофель (*Solanum tuberosum* L.).** На основе гибридизации двух новых линий картофеля (387521.3 x Aphrodite) в Международном Центре Картофелеводства (СИП, Перу) получен новый гибрид картофеля. Семена данного гибрида ( $F_1$ ) были получены нами в 2005 г. В результате селекционных работ в условиях горной зоны Таджикистана (на высоте 2700 м над уровнем моря) в течение 2006-2015 гг. отобран новый перспективный клон картофеля, который в последующем был назван сортом Таджикистан и в 2012 г. передан для тестирования в Государственную комиссию по изучению и охране новых сортов сельскохозяйственных культур при Министерстве сельского хозяйства Республики Таджикистан. Решением данной комиссии новый сорт картофеля Таджикистан в 2015 г. был районирован по Республике. В настоящее время новый сорт картофеля Таджикистан возделывается на площади более 8 тыс. га и превышает по урожайности другие сорта картофеля на 20-30%. На основе использования методов традиционной селекции и биотехнологии нами получены новые перспективные сорта картофеля Файзи Истиклол и Мастчоҳ, которые сейчас испытываются в Государственной комиссии по испытанию и охране новых сортов сельскохозяйственных культур при МСХ Республики Таджикистан.

**Топинамбур (*Helianthus tuberosus* L.).** В 2005-2015 гг. в результате отбора среди растений сорта Интерес выделен новый сорт Сарват (Богатство). Новый сорт в отличие от материнского сорта «Интерес» имеет более ровные и гладкие клубни, что удобно при переработке.

Сорт Сарват районирован по Республике в 2017 г. По результатам испытаний урожайность клубней сорта Сарват составляет 36-39 т/га и по этому показателю превышает урожайность стандартного сорта Интерес на 30-46%. В производственных условиях его урожайность превышает другие сорта на 25-47%. Общая биомасса сорта Сарват составляет 52-67 т/га. Клубни топинамбура – хорошее средство для снижения содержания сахара в крови человека. Сорт выращивается на каменистых и малоплодородных почвах. Сушеные клубни топинамбура при естественных условиях хранения (без использования холодильников) более 10 лет не теряют своих питательных свойств и не повреждаются вредителями, в то время как сушеные абрикосы, туовник, плоды ореха, зерно зерновых и бобовых культур в течение 2-3 лет хранения теряют свои питательные свойства и повреждаются вредителями. Сушеные клубни топинамбура могут быть использованы как ценное стратегическое сырье в решении продовольственной безопасности при изменении климата в будущем.

**Заключение.** Ученые Института ботаники, физиологии и генетики растений НАН Таджикистана на основе использования методов классической селекции и современной биотехнологии получили новые перспективные сорта пшеницы, картофеля и топинамбура, которые возделываются на площади более 10 тыс. га на полях фермеров Республики. Полученные новые сорта сельскохозяйственных культур более адаптивны к изменению климата и дают больший экономический эффект при их выращивании в различных агроэкологических условиях Республики. В будущем они будут играть важную роль в обеспечении продовольственной безопасности населения.

**Заявление о конфликте интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### Литература

1. Гончаров Н.П., Шумный В.К. От сохранения генетических коллекций к созданию национальной системы хранения генофондов растений в вечной мерзлоте // Информ. вестник ВОГиС, 2008, т. 12, № 4. – С. 509-523.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Наука, 1985. – 351с.
3. Жученко А.А. Адаптивная система селекции растений // Селекция и семеноводство сельскохозяйственных культур в России в рыночных условиях. – М.: Эко-Нива, 2001. – С. 52-61.

4. Партоев К. Курбонов М.К., Наимов А. и др. Сорт важный фактор интенсификации картофелеводства в Таджикистане / Сборник научных статей Международной научной конференции «Прошлое, настоящее состояние и перспективы развития овощеводства, картофелеводства и виноградарства Таджикистана». Душанбе, 2024. – С. 152-156.

5. Gupta V.K., Thakur K.C., Shantanu K., Pandey S.K., Sah U. True Potato Seed – An Alternative Technology for Potato Production in North-eastern Hill Region // CPRI, Shimla, 2004. – P. 1-21.

6. Luthra S.K., Pandey B.P., Singh G.S., Kang S.V., Singh P.C. Pande Potato Breeding in India // Central Potato Research Institute. Shimla, 2006. – pp. 3-71.

УДК 632.3: 633.63

DOI: 10.24412/1029-2551-2025-5-029s

## ВИРУС ЧЕРНОГО ОЖОГА СВЕКЛЫ (*BETANECROVIRUS BETAE*) – ВЫЯВЛЕНИЕ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВЫЯВЛЕННЫХ ИЗОЛЯТОВ

Ю.Н. Приходько<sup>1</sup>, Т.С. Живаева<sup>1</sup>, М.А. Пручкина<sup>1</sup>, С.Н. Селявкин<sup>1</sup>,  
Е.Н. Лозовая<sup>1</sup>, Ю.А. Шнейдер<sup>1</sup>, О.И. Стогниенко<sup>2</sup>, Е.С. Герр<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Всероссийский центр карантина растений (ФГБУ «ВНИИКР»), Московская область

<sup>2</sup>Всероссийский НИИ сахарной свеклы и сахара имени А.Л. Мазлумова, Воронежская область,  
e-mail: prihodko\_yuri59@mail.ru

**Аннотация.** Приведены данные о первом выявлении на территории Российской Федерации бетанекровируса черного ожога свеклы (*Beet black scorch virus*, или *Betanecrovirus betae*, BBSV), вызывающего некроз листьев и отмирание растений сахарной свеклы, что приводит к значительным потерям урожая корнеплодов. Идентификация вируса проведена методами иммуноферментного анализа и полимеразной цепной реакции с использованием праймеров к двум участкам генома. Анализ полученных последовательностей показал высокую идентичность последовательностей нуклеотидов у выявленных изолятов с иранскими изолятами BBSV.

**Ключевые слова:** сахарная свекла, *Beet black scorch virus*, BBSV, полимеразная цепная реакция, секвенирование, праймеры.

## BEET BLACK BLIGHT VIRUS (*BETANECROVIRUS BETAE*) – DETECTION IN THE TERRITORY OF THE RUSSIAN FEDERATION AND GENETIC CHARACTERISTICS OF THE IDENTIFIED ISOLATES

Y.N. Prihodko<sup>1</sup>, T.S. Zhivaeva<sup>1</sup>, M.A. Pruchkina<sup>1</sup>, S.N. Selyavkin<sup>1</sup>,  
E.N. Lozovaya<sup>1</sup>, Y.A. Shneyder<sup>1</sup>, O.I. Stognienko<sup>2</sup>, E.S. Gerr<sup>2</sup>

<sup>1</sup>All-Russian Center for Plant Quarantine (FGBU «VNIICR»), Moscow region, e-mail: prihodko\_yuri59@mail.ru

<sup>2</sup>All-Russian Research Institute of Sugar Beet and Sugar named after A.L. Mazlumov, Voronezh region

**Abstract.** The article presents data on the first detection in the Russian Federation of beet black scorch virus (BBSV), which causes leaf necrosis and death of sugar beet plants, which leads to significant losses in the yield of root crops. The virus was identified using enzyme immunoassay and polymerase chain reaction using primers to two regions of the genome. Analysis of the obtained sequences showed a high identity of nucleotide sequences in the identified isolates with Iranian BBSV isolates.

**Keywords:** sugar beet, *Beet black scorch virus*, BBSV, polymerase chain reaction, sequencing, primers.

**Введение.** Сахарная свекла – одна из основных сельскохозяйственных культур; она ежегодно выращивается в Российской Федерации на площади не менее одного миллиона гектаров. Один из важнейших факторов, влияющих на ее продуктивность, – заражение фитопатогенными вирусами. Растения сахарной свеклы заражают не менее 39 фитопатогенных вирусов, относящихся к 22 родам 12 таксономических семейств.

Вирус черного ожога свеклы (*Beet black scorch virus*, или *Betanecrovirus betae*, BBSV) является представителем рода *Betanecrovirus* семейства Tombusviridae. BBSV был впервые выявлен в конце 1980-х гг. в провинции Внутренняя Монголия, Китай [1], а затем в других северо-западных и восточных провинциях Китая [2]. В начале 2000-х годов BBSV был выявлен в США [3], Иране [4] и в нескольких европейских странах: Великобритании, Германии, Испании, Италии, Нидерландах и Франции [5]. При этом в Китае и Иране



BBSV вызывает симптомы так называемого «черного ожога» (системные крупные некротические пятна черного цвета) на листьях и угнетение развития корнеплодов сахарной свеклы, тогда как европейские и американские изоляты не вызывают симптомы на листьях, но могут вызывать или усиливают симптомы ризомании на корнеплодах, такие как пролиферация и некротизация боковых всасывающих корешков [3-5].

Растение-хозяин BBSV – сахарная свекла (*Beta vulgaris* var. *saccharifera*). Экспериментальными растениями-хозяевами BBSV выступают *Beta macrocarpa*, *Chenopodium amaranticolor*, *Chenopodium capitatum*, *Chenopodium murale*, *Chenopodium quinoa*, *Nicotiana benthamiana*, *Spinacia oleracea*, *Tetragonia expansa*, на которых вирус вызывает местные некрозы, а также *Solanum lycopersicum*, *Physalis floridana*, *Lactuca sativa* и различных виды рода *Nicotiana*, которые заражаются вирусом в бессимптомной форме [6].

Вирионы BBSV икосаэдрической формы диаметром около 28 нм [1, 2]. Геном BBSV состоит из единственной молекулы однонитевой плюс-смысловой РНК длиной 3641-3644 нуклеотидов. По последовательности нуклеотидов BBSV генетически наиболее близок (61%) с вирусом некроза табака (TNV-D) – типовым видом рода *Betanecrovirus* [7].

На геномной РНК подавляющего большинства изученных изолятов BBSV выявлено наличие семи открытых рамок считывания (ОРС): Р23, Р82, Р4, Р5, Р7а, Р7б и Р24. ОРС-Р23 состоит из 611 нуклеотидов и кодирует вирусную РНК-полимеразу. На ОРС-82, состоящей из 2174 нуклеотидов, находится сайт РНК-зависимой РНК-полимеразы. Маленькие ОРС-Р7а (181 нуклеотид), ОРС-Р7б (197 нуклеотидов) и Р5, расположенные на центральном участке генома BBSV, кодируют белки, ответственные за транспорт вируса из клетки в клетку. Эти гены регулируют также аккумуляцию вирусной РНК и образование местных симптомов. ОРС-Р24, состоящий из 698 нуклеотидов, кодирует белок оболочки BBSV с молекулярной массой 24,5 кДа [3, 4, 6, 7].

В геноме некоторых американских и иранских изолятов BBSV выявлено наличие дополнительной ОРС-Р10, которая состоит из 713 нуклеотидов, расположена внутри ОРС-Р24 и кодирует белок с молекулярной массой 9,9 кДа с неизвестными функциями [6, 8]. У BBSV имеются также две субгеномные РНК, которые не входят в состав вирионов, иницируются во время репликации этого вируса, присутствуют в клетках зараженных растений и не инкапсидируются при морфогенезе вирионов [7]. У изолятов BBSV из некоторых провинций Китая и Ирана выявлено также наличие небольшой однонитевой РНК, аналогичной сателлитной РНК, известной у других некривирусов [6, 9].

Переносчик BBSV – почвенный плазмодиофоровый организм *Olpidium brassicae* (Woronin) P.A. Dang. Вирионы BBSV адсорбируются на поверхности зооспор *Olpidium brassicae*, при втягивании жгутиков попадают в протоплазму зооспор и затем проникают с зооспорами в клетки корня растения-хозяина [10]. Тем самым BBSV существенно отличается от других почвообитающих вирусов свеклы (*Beet necrotic yellow vein virus*, *Beet soil-borne virus*, *Beet virus Q* и *Beet soil-borne mosaic virus*), переносчиком которых является плазмодиофоровый организм *Polymyxa betae* Keskin.

На большие расстояния BBSV распространяется с зараженными корнеплодами сахарной свеклы и инфицированной почвой, в том числе при засорении частицами почвы необработанных семян сахарной свеклы [6].

**Материалы и методы.** В ходе обследования посевов сахарной свеклы, проведенного летом 2023 г. в нескольких районах Воронежской области, были отобраны растения с различными вирусоподобными аномалиями. Они были высажены в лизиметры на инфекционном участке ФГБУ ВНИИКР. В 20-х числах октября корнеплоды были выкопаны и осмотрены на наличие симптомов. У отдельных анализируемых растений часть листьев хлоротизировалась, корнеплоды имели нестандартную форму. У растения № 42 наблюдалось побурение и шелушение кожицы корнеплода и некротизация листьев.

Корнеплоды были протестированы методом ИФА на наличие почвообитающих вирусов: вируса некротического пожелтения жилок свеклы (BNYVV), вируса черного ожога свеклы (BBSV), почвообитающего вируса свеклы (BSBV) и почвообитающего вируса мозаики свеклы (BSBMV) с использованием коммерческой тест-систем для ИФА фирмы DSMZ (Германия), которые применяли согласно инструкциям фирмы-производителя.

Корнеплоды с сероположительной реакцией к BBSV были протестированы затем методом иммуноспецифической ПЦР в реальном времени (ИС-ОТ-ПЦР-РВ) на наличие вирусов BBSV, BNYVV, BSBV и BVQ. Тестирование методом ПЦР на наличие BSBMV не проводили, так как этот вирус распространен лишь в Северной Америке и отсутствует в других регионах мира. Тесты на наличие BNYVV, BSBV и BVQ проводили согласно разработанной в ФГБУ «ВНИИКР» методике [11].

В тесте на наличие BBSV методом ИС-ОТ-ПЦР-РВ для иммунозахвата вирионов использовали поликлональные антитела к BBSV фирмы DSMZ (Германия), а для выявления вируса – разработанные нами праймеры BBSV-CP 7F (5'-CCACCACTATTGGTACGCGA-3'), BBSV-CP 7R (5'-AGCTCCATCAAATCCAGCCC-3') и зонд BBSV-CP 7P1 (5'-FAM-GCCGGTCTTTTCCCTAGCAA-BHQ1-3') к участку гена белка оболочки целевого объекта. ПЦР проводили с набором для одноэтапного анализа



транскриптов РНК – OneTube RT-PCR TaqMan (Евроген, Россия) в объеме 25 мкл, включающем 5 мкл РНК, 5 мкл реакционной ПЦР-смеси One Tube RT-PCR mix, 0,5 мкл 50X красителя ROX, 0,5 мкл ревертазы MMLV и по 1 мкл праймеров и зонда. Термоциклический режим: 50°C – 15 мин., 95°C – 1 мин., 40 циклов (95°C – 15 сек., 60°C – 20 сек., 72°C – 60 сек.). ПЦР в реальном времени проводили на амплификаторе ДТпрайм (ДНК-Технология, Россия).

Подтверждающие тесты на наличие BBSV проводили методом классической ИС-ОТ-ПЦР с праймерами BBSV-3UTRfwd/BBSV-3rev [8] с той же реакционной смесью, но с использованием следующего термоциклического режима: 50°C – 15 мин., 95°C – 1 мин., 40 циклов (95°C – 15 сек., 64°C – 20 сек., 72°C – 60 сек.). Для проведения классической ПЦР использовали термоциклер C1000 Touch (Bio-Rad, США). Детекцию результатов ПЦР осуществляли с помощью электрофореза в 1,5% агарозном геле. Величину продуктов амплификации измеряли, используя маркеры молекулярного веса ДНК GeneRuler™ 100+ п.н. и Fast Ruler™ (оба – ThermoFisher Scientific, США).

Полученные ампликоны подвергали секвенированию по модифицированному методу Сенгера на генетическом анализаторе AB-3500 (Applied Biosystems, США). Для анализа полученных нуклеотидных последовательностей использовали программное обеспечение BioEdit 7.0.5.3 и программу BLASTN 2.12.0+.

**Результаты и обсуждение.** По результатам тестирования образцов методом ИФА для корнеплодов № 2, 7, 10 и 42 было установлено наличие сероположительного сигнала к BBSV на уровне 0,198-0,258 оптических единиц. Вирусы BNYVV, BSBV, BSBMV и BVQ не были выявлены (результаты не показаны). Последующие тесты методом ИС-ОТ-ПЦР-РВ подтвердили отсутствие BNYVV, BSBV и BVQ.

В тесте методом ИС-ОТ-ПЦР-РВ на наличие BBSV, в котором для иммунозахвата вирионов использовали поликлональные антитела к BBSV фирмы DSMZ (Германия), а для выявления вируса – праймеры и зонд BBSV-CP 7F/BBSV-CP 7R/BBSV-CP 7P, разработанные в ФГБУ «ВНИИКР», положительный сигнал на относительно невысоких пороговых циклах ( $C_p = 31,6-33,8$ ) наблюдался для корнеплодов № 2, 10 и 42. Последующий электрофорез продуктов амплификации данного опыта подтвердил выявление вируса черного ожога свеклы и показал его дополнительное наличие в образце корнеплода № 7.

BBSV был выявлен в корнеплодах № 2, 10 и 42 также в тесте с праймерами BBSV-3UTRfwd/BBSV-3rev [8], проведенном в формате 1-этапной иммуноспецифической ОТ-ПЦР. В обоих проведенных экспериментах наблюдался также положительный сигнал для референтного изолята BBSV PV-0951 (DSMZ, Германия), используемого в качестве положительного контрольного образца. В отрицательных контрольных образцах положительный сигнал отсутствовал, что свидетельствует о достоверности проведенных тестов.

Продукты амплификации, полученные в эксперименте с праймерами BBSV-CP 7F/BBSV-CP 7R, были секвенированы. Все полученные последовательности длиной от 166 до 242 нуклеотидов соответствовали участкам гена белка оболочки 17 изолятов BBSV, депонированных в генбанке NCBI, что подтверждает принадлежность выявленных изолятов к виду *Betanecrovirus betae* (Beet black scorch virus). В соответствии с номерами тестируемых образцов, выявленным изолятам были присвоены названия Vor-2, Vor-7, Vor-10 и Vor-42.

Установлена высокая идентичность (на уровне 98,84-100%) последовательности нуклеотидов гена белка оболочки у выявленных изолятов BBSV Vor-2, Vor-7, Vor-10 и Vor-42 из Воронежской области с аналогичным участком генома изолятов BBSV «Val25» (EU545828.1), «DSMZ PV-0951» (OK058516.1) и «IRN.Kh30» (MH705130.1) из Ирана. Идентичность последовательностей нуклеотидов у воронежских изолятов в сравнении с другими иранскими изолятами этого вируса («Fr01», «Ir-AzGh1», «Ir-Bj01», «Ir-Ch01», «Fr01», «Ir-Ha1», «Ir-Ksh1», «IRN.Kh29», «IRN.Kh32», «IRN.Kh111», «Ir-Lr01», «Ir-Lr02» и «Ir-Msh1») варьировала от 93,50 до 97,66%.

Продукты амплификации изолятов Vor-2, Vor-10 и Vor-42 длиной 250-304 нуклеотидов, полученные в эксперименте с праймерами BBSV-3UTRfwd/BBSV-3rev [8], соответствовали 3'-концевому участку генома 68 изолятов BBSV, депонированных в генбанке NCBI. Идентичность последовательности нуклеотидов изолята Vor-42 с изолятами «DSMZ PV-0951» и «Val25» по данному участку генома составила соответственно 99,34 и 99,24%, а идентичность изолятов Vor-2 и Vor-10 в сравнении с этими референтными изолятами составила 98,10-98,41%. Идентичность последовательности нуклеотидов изолятов Vor-2, Vor-10 и Vor-42 в сравнении с другими иранскими изолятами («Ir-Msh1», «Ir-Ksh1», «Ir-Bj01», «Ir-Lr02», «IRN.Kh4», «IR-Chen1», «IR-Ha3», «IR-Ha4», «IR-Ch01») была менее высокой и варьировала от 96,36% до 97,99%. В то же время идентичность последовательности нуклеотидов изолятов BBSV из других свекло-сеющих регионов мира: изолятов «CO» (США), «IT-C» (Италия), «Ab-Mu», «Cr-Dm1», «Cr-Dm2» (все – Испания) и группы изолятов «Xinjiang» (Китай) по 3'-концевому участку генома в сравнении с российскими изолятами Vor-2, Vor-10 и Vor-42 составила всего 86,94-89,97%.

По нашим сведениям, вирус черного ожога свеклы (BBSV) на территории Российской Федерации ранее не выявляли. Необходимо также отметить, что корнеплоды сахарной свеклы, зараженные изолятами BBSV Vor-2, Vor-7, Vor-10 и Vor-42, были отобраны в Павловском, Воробьевском, Калачеевском и Ра-

монском районах соответственно, что свидетельствует о широкой распространенности этого вируса на территории Воронежской области.

Интродукция BBSV на территорию Российской Федерации произошла, по всей видимости, с территории Ирана, о чем свидетельствует высокая генетическая идентичность иранских и российских изолятов этого вируса.

Вирус черного ожога свеклы ввиду значительного влияния на количество и качество урожая корнеплодов сахарной свеклы представляет серьезную угрозу для этой культуры в нашей стране. Сообщалось, что в Китае BBSV вызывает тяжелые симптомы черного ожога листьев, в результате которых большинство растений сахарной свеклы погибало в течение недели после появления симптомов [12]. В США BBSV вызывает некроз и отмирание корнеплодов сахарной свеклы, приводящее к значительным потерям урожая [8]. Переносчик BBSV – плазмодиофорный организм *Olpidium brassicae* имеет чрезвычайно широкий ареал в Российской Федерации, что безусловно будет способствовать распространению BBSV.

Необходимо установить возможность распространения BBSV в других свеклосеющих регионах нашей страны, что планируется в дальнейших исследованиях.

### Заключение

С использованием серологического и молекулярного методов диагностики в корнеплодах сахарной свеклы из Воронежской области был выявлен вирус черного ожога свеклы (BBSV), что стало первым случаем выявления этого патогена на территории Российской Федерации. Констатирована высокая генетическая идентичность выявленных изолятов с рядом изолятов этого вируса, распространенных на территории Ирана.

### Заявление о конфликте интересов.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### Финансирование.

Исследования выполнены в рамках Государственного задания Рег. № 122041400206-4.

### Литература

1. Cui X.-M., Gong Z.-X., Yu N.-J. An icosahedral virus found in sugar beet // J. Shihezi Agric. Coll., 1988, V. 10. – P. 73-78.
2. Zhang K.-W., Wang S.-L., Cai Z.-N. et al. Preliminary study on beet black scorch disease in Ningxia Province // China Sugar Beet, 1996, V. 2. – P. 3-8.
3. Weiland J.J., Larson R.L., Freeman T.P. et al. First report of *Beet black scorch virus* in the United States // Plant Disease, 2006, V. 90. – P. 828-829. [https://doi: 10.1094/PD-90-0828B](https://doi.org/10.1094/PD-90-0828B).
4. Koenig R., Valizadeh J. Molecular and serological characterization of an Iranian isolate of *Beet black scorch virus* // Archives of Virology, 2008, V. 153. – P. 1397-1400. [https://doi: 10.1007/s00705-008-0121-y](https://doi.org/10.1007/s00705-008-0121-y)
5. González-Vázquez M., Ayala J., García-Arenal F. et al. Occurrence of *Beet black scorch virus* infecting sugarbeet in Europe // Plant Disease, 2009, V. 93. – P. 21-24. [https://doi:10.1094/PDIS-93-1-0021](https://doi.org/10.1094/PDIS-93-1-0021)
6. Mehrvar M. Diversity of soil-borne sugar beet viruses in Iran: a comprehensive study of *Beet necrotic yellow vein virus*, *Beet black scorch virus* and other pomoviruses in Iran // PhD thesis. Université catholique de Louvain; Louvain, Belgium, 2009. – 110 s.
7. Cao Y.H., Cai Z., Ding Q. et al. The complete nucleotide sequence of *Beet black scorch virus* (BBSV), a new member of the genus Necrovirus // Archives of Virology, 2002, V. 147. – P. 2431-2435. [https://doi:10.1007/s00705-002-0896-1](https://doi.org/10.1007/s00705-002-0896-1)
8. Weiland J.J., Van Winkle D., Edwards M.C. et al. Characterization of a U.S. isolate of *Beet black scorch virus* // Phytopathology, 2007, V. 97. – P. 1245-1254. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-97-10-1245>
9. Xu J., Wang X.B., Shi L.D. et al. Two distinct sites are essential for virulent infection and support of variant satellite RNA replication in spontaneous *Beet black scorch virus* variants // Journal of General Virology, 2012, V. 93(12). – P. 2718-2728. [https://doi:10.1099/vir.0.045641-0](https://doi.org/10.1099/vir.0.045641-0)
10. Jiang J.X., Zhang J.F., Che S.C. et al. Transmission of *Beet black scorch virus* by *Olpidium brassicae* // Journal of Jiangxi Agricultural University, 1999, V. 21. – P. 525-528.
11. Приходько Ю.Н., Живаева Т.С., Шнейдер Ю.А. и др. Методы диагностики вирусов свеклы, распространяющихся почвенным грибом *Polymyxa betae* // Сахарная свекла, № 5, 2022. – С. 16-18. <http://doi.org/10.25802/SB.2022.35.78.007>
12. Guo L.H., Cao Y.H., Li D.W. et al. Analysis of nucleotide sequences and multimeric forms of a novel satellite RNA associated with *Beet black scorch virus* // Journal of Virology, 2005, V. 79. – P. 3664-3674. [https://doi:10.1128/JVI.79.6.3664-3674.2005](https://doi.org/10.1128/JVI.79.6.3664-3674.2005).

## РОССИЙСКИЙ РЫНОК КАРТОФЕЛЯ: СОСТОЯНИЕ, ВЫЗОВЫ И СТРАТЕГИЧЕСКИЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ

Р.А. Ромашкин, О.В. Каменецкая

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, [ok\\_kamen@mail.ru](mailto:ok_kamen@mail.ru)

**Аннотация.** В статье исследованы причины беспрецедентного роста цен на картофель в России в 2025 г. и предложены стратегические направления преодоления системного кризиса в отрасли. С помощью экономико-статистического анализа выявлено, что ценовой шок был обусловлен структурными дисбалансами: сокращение посевных площадей, двукратное отставание урожайности от мировых лидеров и критическая зависимость от импорта семенного материала. Результатом стало снижение уровня самообеспечения картофелем до 91,6% в 2024 г. против целевого показателя Доктрины продовольственной безопасности в 95%. В качестве стратегического ответа предлагается комплекс мер, включающий: (1) запуск федерального проекта по поддержке малого агробизнеса и развитию кооперации (агроагрегаторы); (2) ускоренное создание специальных семеноводческих зон для импортозамещения в селекции; (3) ориентация на экспорт продукции глубокой переработки.

**Ключевые слова:** картофелеводство, продовольственная безопасность, импортозамещение, семеноводство, урожайность, ценовой шок, агроагрегаторы.

### THE RUSSIAN POTATO MARKET: CURRENT STATE, CHALLENGES AND STRATEGIC DEVELOPMENT PRIORITIES

R.A. Romashkin, O.V. Kamenetskaya

Lomonosov Moscow State University, Moscow, e-mail: [ok\\_kamen@mail.ru](mailto:ok_kamen@mail.ru)

**Abstract.** The article investigates the causes of the unprecedented surge in potato prices in Russia in 2025 and develops strategic priorities to overcome the systemic crisis in the industry. Economic and statistical analysis revealed that the price shock was driven by structural imbalances: a reduction in sown areas, a two-fold gap in yield compared to world leaders, and a critical dependence on imported seed material. As a result, the level of potato self-sufficiency dropped to 91.6% in 2024, falling short of the 95% target set by the Doctrine of Food Security. As a strategic response, the authors propose a set of measures, including: (1) the launch of a federal project to support small agribusiness and develop cooperation (agro-aggregators); (2) the accelerated creation of special seed production zones for import substitution in breeding; (3) a reorientation towards the export of deep-processing products.

**Keywords:** potato farming, food security, import substitution, seed production, yield, price shock, agro-aggregators.

**Введение.** Картофель – стратегически важная культура для продовольственной безопасности РФ. Однако в 2024 г. уровень самообеспеченности снизился до 91,6% при целевом показателе в 95% [1, 2], что свидетельствует о нарастании кризисных явлений в отрасли. Кульминацией системных проблем стал беспрецедентный рост цен в 2025 г.

**Цель исследования** – оценка современных вызовов и разработка стратегических мер по стабилизации рынка.

**Материалы и методы.** Исследование опиралось на комплекс методов: сравнительный анализ для выявления позиций России относительно ведущих стран-экспортеров картофеля; экономико-статистический анализ данных Росстата и FAOSTAT за 2010-2024 гг.; метод экспертных оценок. Информационную базу составили официальная статистика, нормативно-правовые акты и аналитические материалы отраслевых союзов.

**Результаты и обсуждение.** Сравнительный анализ подтверждает глубокое отставание России в картофелеводстве. Оно выражается в сохраняющемся экстенсивном характере развития отрасли, при котором лидерство по посевным площадям сочетается с урожайностью, в разы уступающей показателям ведущих стран-экспортеров (табл. 1). Ключевой причиной такого разрыва является системный кризис, обусловленный технологическим отставанием и критической зависимостью от импорта семян. Фактические нормы внесения минеральных удобрений под картофель в 2-3 раза ниже научно обоснованных. Ситуацию усугубляет структура производства: 72% посевных площадей под картофелем сосредоточены в хозяйствах

населения [3], для которых характерно использование низкокачественного семенного фонда и минимальные нормы внесения удобрений.

### 1. Динамика основных показателей производства картофеля в России и ведущих странах-экспортерах

| Показатель                | Страна        | 2010 г.      | 2015 г.      | 2020 г.      | 2021 г.      | 2022 г.      | 2023 г.      |
|---------------------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Посевная площадь, тыс. га | Мир           | 18 179       | 18 039       | 16 755       | 16 839       | 16 657       | 16 799       |
|                           | <b>Россия</b> | <b>1 948</b> | <b>1 562</b> | <b>1 188</b> | <b>1 107</b> | <b>1 102</b> | <b>1 075</b> |
|                           | Германия      | 254          | 237          | 274          | 258          | 266          | 265          |
|                           | Египет        | 141          | 184          | 276          | 211          | 246          | 236          |
|                           | Канада        | 139          | 138          | 144          | 154          | 155          | 157          |
|                           | Нидерланды    | 157          | 156          | 165          | 159          | 162          | 155          |
|                           | Франция       | 157          | 167,5        | 216          | 212          | 212          | 204          |
| Урожайность, т/га         | Мир           | 18,1         | 20,3         | 22           | 22,2         | 22,4         | 22,8         |
|                           | <b>Россия</b> | <b>10,0</b>  | <b>16,4</b>  | <b>16,6</b>  | <b>16,0</b>  | <b>17,4</b>  | <b>19,1</b>  |
|                           | Германия      | 39,9         | 43,8         | 42,8         | 43,8         | 40,1         | 43,9         |
|                           | Египет        | 25,9         | 27           | 24,6         | 29,7         | 29,3         | 29,2         |
|                           | Канада        | 39,1         | 42,7         | 36,7         | 40           | 40,8         | 41,8         |
|                           | Нидерланды    | 43,6         | 42,7         | 42,7         | 42           | 42,6         | 41,8         |
|                           | Франция       | 42,2         | 42,5         | 40,8         | 42,5         | 38,1         | 42,2         |
| Валовой сбор, млн. т      | Мир           | 328,8        | 365,7        | 368,8        | 373,6        | 373,3        | 383,1        |
|                           | <b>Россия</b> | <b>18,5</b>  | <b>25,4</b>  | <b>19,6</b>  | <b>18,3</b>  | <b>18,8</b>  | <b>20,2</b>  |
|                           | Германия      | 10,1         | 10,4         | 11,7         | 11,3         | 10,7         | 11,6         |
|                           | Египет        | 3,6          | 5,0          | 6,8          | 6,3          | 7,2          | 6,9          |
|                           | Канада        | 5,4          | 5,9          | 5,3          | 6,2          | 6,3          | 6,5          |
|                           | Нидерланды    | 6,8          | 6,7          | 7            | 6,7          | 6,9          | 6,5          |
|                           | Франция       | 6,6          | 7,1          | 8,8          | 9            | 8,1          | 8,6          |

Источник: Росстат [3] и FAOSTAT [4].

При этом следует отметить, что главным драйвером сохранения объемов валового сбора в условиях сокращения посевных площадей служит рост урожайности в организованном секторе (СХО и КФХ), достигаемый за счет интенсификации производства. Урожайность картофеля в СХО значительно превышает среднемировой показатель и более чем в 2 раза выше урожайности в хозяйствах населения (табл. 2), что свидетельствует о технологическом разрыве между разными категориями хозяйств.

### 2. Динамика основных показателей производства картофеля по категориям хозяйств в России

| Категория хозяйства | Показатель            | 2010 г. | 2015 г. | 2020 г. | 2021 г. | 2022 г. | 2023 г. | 2024 г. |
|---------------------|-----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| СХО                 | Валовой сбор, млн. т. | 2,2     | 4,7     | 4,1     | 4,1     | 4,3     | 5,2     | 4,3     |
|                     | Урожайность, т/га     | 13,6    | 23,4    | 27,1    | 26,5    | 27,9    | 31,7    | 29,0    |
|                     | Площадь, тыс. га      | 233     | 207     | 154     | 155     | 166     | 170     | 154     |
| КФХ и ИП            | Валовой сбор, млн. т. | 1,1     | 2,9     | 2,7     | 2,6     | 2,9     | 3,4     | 3,0     |
|                     | Урожайность, т/га     | 12,1    | 19,6    | 22,0    | 20,8    | 22,3    | 23,6    | 23,8    |
|                     | Площадь, тыс. га      | 125     | 154     | 128     | 126     | 139     | 144     | 126     |
| Хозяйства населения | Валовой сбор, млн. т. | 15,1    | 17,9    | 12,8    | 11,3    | 11,6    | 11,6    | 10,5    |
|                     | Урожайность, т/га     | 9,6     | 14,8    | 14,2    | 13,5    | 14,5    | 15,2    | 14,4    |
|                     | Площадь, тыс. га      | 1 590   | 1201    | 906     | 866     | 796     | 761     | 730     |

Источник: Росстат [3].

Доля СХО и КФХ в общем валовом сборе картофеля неуклонно растет: если в 2010 г. на них приходилось всего 18%, то в 2023 г. – 41%. Это позитивный долгосрочный тренд, свидетельствующий о коммерциализации и концентрации отрасли. Однако данный структурный переход сопряжен с рисками. Наглядной иллюстрацией стал спад 2024 г., когда валовой сбор картофеля в организованном секторе сократился на 15%, а общее производство обвалилось до 17,8 млн. т – наименьшего показателя за всю современную историю наблюдений. Помимо продолжающегося сокращения площадей, снижение урожайности было обусловлено экстремальными погодными условиями, что подчеркивает значимость климатических рисков.

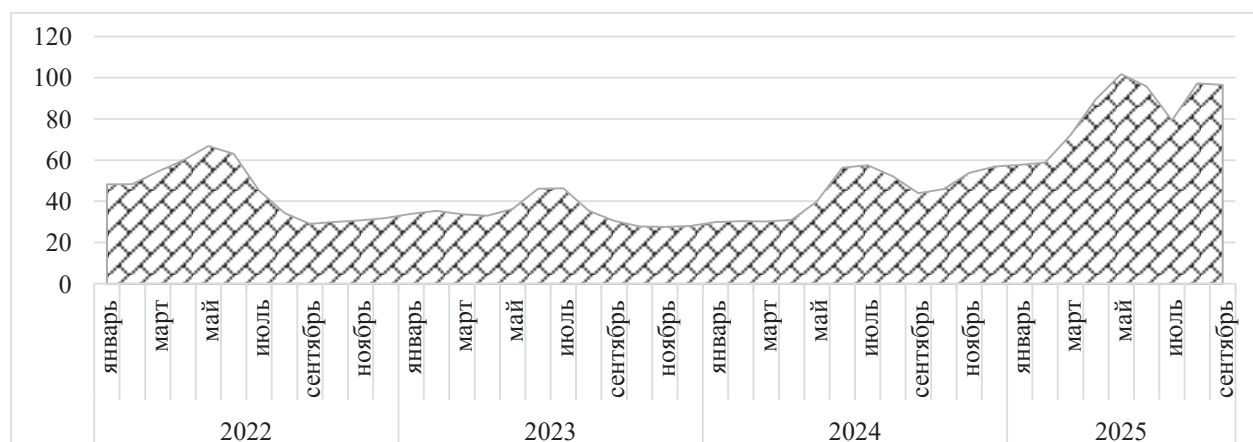
Критической проблемой остается крайне высокая зависимость от генетического материала зарубежной селекции. По экспертным оценкам доля импортных сортов в семенном фонде достигает 90-95% в сельскохозяйственных и 75-80% в фермерских хозяйствах [5, 6]. Значительная часть этих семян выращивается в



России («локализованные» семена), однако исходный селекционный материал принадлежит иностранным компаниям. Наиболее остро данная зависимость проявляется в сегменте промышленной переработки.

Несмотря на низкую долю в совокупном предложении (менее 2,5%), импорт картофеля и продуктов его переработки играет значимую роль в балансировке рынка. Ввоз свежего картофеля компенсирует дефицит в периоды низкого предложения отечественной продукции. В сегменте переработки ключевой позицией ввоза является картофель фри, что отражает зависимость сетей общественного питания от импорта и дефицит специализированного сырья внутри страны. В 2024 г. на четверку ведущих поставщиков (Беларусь – 49%, Египет – 19%, Китай – 12%, Азербайджан – 11%) пришлось 91% всего ввоза [7, 8].

В 2025 г. картофель продемонстрировал максимальный темп прироста цен среди всей плодоовощной продукции (рисунок). В мае 2025 г. розничные цены достигли исторического максимума в 101,74 руб/кг, что в 2,5 раза превысило показатель мая 2024 г. Данная ценовая динамика была обусловлена совокупностью факторов: сокращением предложения из-за снижения хозяйственной активности и перемещения площадей под другие культуры, дефицитом логистической и складской инфраструктуры, а также значительным ростом издержек производства (ГСМ, удобрения, СЗР, семена).



Динамика цен на картофель в России, руб/кг [9]

С учетом сложившейся ситуации развитие отечественного картофелеводства требует реализации комплекса взаимосвязанных мер. Ключевыми стратегическими приоритетами являются:

### **1. Институциональная и финансовая поддержка малых форм хозяйствования и кооперации.**

Запуск федерального проекта «Развитие малого агробизнеса» призван решить проблему сбыта продукции фермеров (КФХ) и кооперативов. Ключевым элементом служит создание агроагрегаторов (сельскохозяйственных потребительских кооперативов), которые обеспечат функции сбора, хранения, первичной переработки, логистики и продвижения продукции мелких производителей в торговые сети [10, 11]. Меры господдержки агроагрегаторов включают льготное кредитование, субсидирование страхования рисков и обновление основных средств [12].

### **2. Достижение технологического суверенитета в семеноводстве.**

Несмотря на реализацию подпрограммы «Развитие селекции и семеноводства картофеля» (в рамках ФНТП на 2017-2030 гг.), сохраняется критическая зависимость от импортного генетического материала. Для решения проблемы требуется ускоренное создание специальных семеноводческих зон (ССЗ) для локализации полного цикла репродукции семян и достижения доли отечественных сортов не менее 50% в общем объеме высева к 2031 г. [13, 14].

### **3. Глубокая переработка и экспортная ориентация.**

Развитие мощностей по производству картофеля фри, чипсов, крахмала с ориентацией на экспорт в страны БРИКС, ШОС, АСЕАН, СНГ и ЕАЭС.

**Заключение.** Российское картофелеводство переживает системный кризис, проявившийся в 2025 г. ценовым шоком. Ключевые проблемы: технологическое отставание, зависимость от импорта семян, инфраструктурная недостаточность. Предложенная система стратегических приоритетов (институциональная трансформация, технологический суверенитет, экспортная ориентация) направлена на переход от экстенсивной модели к интенсивной и технологичной. Это необходимо для выполнения Доктрины продовольственной безопасности РФ и обеспечения долгосрочной стабильности рынка.

### **Заявление о конфликте интересов**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## Литература

1. Указ Президента РФ от 30.01.2010 г. № 120 «Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации».
2. Совет ЕЭК одобрил удвоение квоты на беспошлинный ввоз картофеля в Россию. Интерфакс. URL: <https://www.interfax.ru/business/1027386>
3. Федеральная служба государственной статистики (Росстат). URL: <https://rosstat.gov.ru>
4. FAOSTAT. URL: <https://www.fao.org/statistics/en>
5. Жевора С.В. Развитие селекции и семеноводства картофеля в России // Картофель и овощи, 2025, № 1. – С. 38-42.
6. Леунов В.И. Импортзамещение в семеноводстве овощных культур: проблемы и пути их решения // Картофель и овощи, 2024, № 5. – С. 12-16.
7. ITC Trade Map. URL: <https://www.trademap.org>
8. Алексеевских А. Экономист объяснила дефицит картофеля в Белоруссии. Газета.ru, 07.06.2025 г.
9. Еврокредит.ру. URL: <https://eurocredit.ru/inflation/products/kartofel/>
10. Тульчев В.В., Жевора С.В., Борисов М.Ю. и др. Перспективы развития рынка картофеля в России и мире // Проблемы прогнозирования, 2020, № 1. – С. 117-122.
11. Минсельхоз РФ разработал условия для господдержки агроагрегаторов. URL: <https://www.interfax.ru/business/1007336>
12. Малому агробизнесу оформят отдельную поддержку. В 2026 году Минсельхоз планирует запустить новый федеральный проект. URL: <https://www.agroinvestor.ru/markets/article/44767-malomu-agrobiznesu-oformyat-otdelnyuyu-podderzhku-v-2026-godu-minselkhoz-planiruet-zapustit-novyy-fed/>
13. Федеральный закон от 04.08.2023 г. № 485-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «О семеноводстве» и отдельные законодательные акты Российской Федерации».
14. Постановление Правительства Российской Федерации от 25.08.2017 г. № 996 «Об утверждении Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017-2030 гг.».

УДК 635.263

DOI: 10.24412/1029-2551-2025-5-031s

## ОСНОВНЫЕ МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ И ХОЗЯЙСТВЕННО ЦЕННЫЕ ПРИЗНАКИ *ALLIUM ASCALONICUM* L. В УСЛОВИЯХ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Т.М. Середин<sup>1</sup>, Н.А. Хаустова<sup>1</sup>, Е.В. Баранова<sup>1</sup>,  
М.Е. Слегова<sup>1</sup>, В.В. Шумилина<sup>2</sup>, И.Г. Кохтенкова<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ФНЦ овощеводства, Московская область, e-mail: [timofey-seredin@rambler.ru](mailto:timofey-seredin@rambler.ru)

<sup>2</sup>ФИЦ Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова,  
Санкт-Петербург

<sup>3</sup>Белорусский государственный педагогический университет имени М. Танка, Минск, Республика Беларусь

**Аннотация.** Лук шалот (*Allium ascalonicum* L.) – по ботанической классификации принадлежит к порядку Спаржецветные, к семейству Луковые (*Alliaceae*) и роду лук (*Allium* L.). В Государственный реестр селекционных достижений Российской Федерации на 2025 год внесен 101 сорт лука шалота. Сельскохозяйственное производство постоянно нуждается в новых высокопродуктивных сортах, для создания которых необходимо иметь исходные формы, обладающие комплексом ценных признаков. Создание и изучение новых сортообразцов лука шалота представляет исключительный интерес в направлении экспериментального получения оригинальных форм. В настоящих исследованиях представлен коллекционный питомник лука шалота в количестве 33 коллекционных и селекционных образцов. Показано, что 66% сортообразцов лука шалота были представлены с желтой окраской сухих покровных чешуй. Наибольшая ширина листа отмечена у сортообразцов: 126, 138, 147, 166 и Ш-43. Были показаны межсортные различия по массе листьев с одного растения. Группа сортообразцов Волгоградский, Нафания, Одинцовский I и Яима имели максимальные показатели массы листьев 150,1-190,0 г.

**Ключевые слова:** лук шалот, морфометрические признаки, хозяйственно полезные показатели, луковица.

## THE MAIN MORPHOMETRIC AND ECONOMICALLY VALUABLE SIGNS OF ALLIUM ASCALONICUM L. IN THE CONDITIONS OF THE MOSCOW REGION

T.M. Seregin<sup>1</sup>, N.A. Khaustova<sup>1</sup>, E.V. Baranova<sup>1</sup>, M.E. Sletova<sup>1</sup>, V.V. Shumilina<sup>2</sup>, I.G. Kokhtenkova<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Federal Scientific Center of Vegetable Growing, Odintsovo, e-mail: timofey-seredin@rambler.ru

<sup>2</sup>FIC All-Russian Institute of Plant Genetic Resources named after N.I. Vavilov, St. Petersburg

<sup>3</sup>BSPU named after M. Tank, Minsk, Republic of Belarus

**Abstract.** Shallots (*Allium ascalonicum* L.) – according to the botanical classification belongs to the Asparagaceae order, the Onion family (*Alliaceae*) and the onion genus (*Allium* L.). 101 varieties of shallots have been added to the State Register of Breeding Achievements of the Russian Federation for 2025. Agricultural production is constantly in need of new highly productive varieties, for the creation of which it is necessary to have initial forms with a complex of valuable characteristics. The creation and study of new varieties of shallots is of exceptional interest in the experimental production of original forms. The present research presents a collection nursery of shallots in the amount of 33 collection and breeding samples. It was shown that mostly (66%) shallot cultivars were represented with a yellow color of dry integumentary scales. On the basis of «leaf width», varietal differences were found in the group of cultivars: 126, 138, 147, 166 and Sh-43. It was noted that intersort differences in leaf weight from one plant were shown. We have shown a group of cultivars (Volgogradsky, Nafan, Odintsovo 1 and Jasper) with a maximum trait index of 150.1-190.0 g.

**Keywords:** shallots, morphometric signs, economically useful indicators, onion.

**Введение.** Лук шалот (*Allium ascalonicum* L.) – по ботанической классификации принадлежит к порядку Спаржецветные, к семейству Луковые (*Alliaceae*) и роду лук (*Allium* L.) [1]. В Государственный реестр селекционных достижений Российской Федерации на 2025 г. внесен 101 сорт лука шалота [2]. В современных условиях лук шалот является весьма актуальной овощной культурой, как для овощеводов-любителей, так и для фермеров и производителей. К новым сортам есть свои требования: высокая сохранность, урожайность, крупность посадочных луковиц, устойчивость к основным болезням и вредителям, возможность к механизированному выращиванию.

**Цель исследования** – оценка и выделение исходного материала лука шалота по комплексу хозяйственно полезных и основных морфометрических признаков.

**Материалы и методы.** Объект исследований – 33 коллекционных и селекционных образцов лука шалота. Образцы были предоставлены коллекцией лаборатории селекции и семеноводства луковых культур отдела овощных культур ФИЦ «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова» (ВИР), а также коллекцией ООО «Гетерозисная селекция».

Все исследования были заложены по общепринятым методикам для лука шалота. Деляночные опыты в открытом грунте были заложены на участках, подготовленных по общепринятой для лука шалота агротехнике. Площадь учетной делянки 0,5-2,0 м<sup>2</sup>; повторность четырехкратная. Размещение делянок рандомизированное.

Анализ экспериментальных данных и статистическая оценка были выполнены в Microsoft Excel 2016 (Microsoft, USA).

**Результаты и обсуждение.** В таблице 1 представлена краткая характеристика 33 коллекционных образцов лука шалота различного эколого-географического происхождения.

Сортовое разнообразие в условиях 2024 г. было представлено девятью сортами и пятью местными образцами различного эколого-географического происхождения (Московская, Калужская, Смоленская области и Краснодарский край).

Для увеличения сортового разнообразия были рассмотрены коллекционные образцы и сорта лука шалота различной формы, окраски луковицы и сухих покровных чешуй, которые были в изучении в 2024-2025 годах. 66% сортообразцов имели желтую окраску верхних покровных чешуй, 12% – белую, 16% красную и 6% розовую.

Также был изучен и охарактеризован коллекционный питомник по форме луковицы. В анкете сорта для лука шалота в бюллетени Госсорткомиссии представлены округлая, эллиптическая, яйцевидная, ромбическая и поперечно-эллиптическая. В наших исследованиях 39% сортов и коллекционных образцов имели яйцевидную форму луковицы, 35% округлую, 23% ромбическую и 3% эллиптическую.

В таблице 2 представлена краткая характеристика сортов лука шалота, которые находились в изучении в условиях 2024-2025 гг.

**1. Описание коллекционного питомника лука шалота (2024-2025 гг.)**

| № п/п | Образец | Расшифровка    | Происхождение            |
|-------|---------|----------------|--------------------------|
| 1     | 101     | Квочка         | Ростовская область       |
| 2     | 109     | 49 ВИР         | Ленинградская обл.       |
| 3     | 126     | 80 ВИР         | Ленинградская обл.       |
| 4     | 131     | вр.6731        | Адыгея, Майкопский район |
| 5     | 137     | 182 ВИР        | Ленинградская обл.       |
| 6     | 138     | 86 ВИР         | Ленинградская обл.       |
| 7     | 147     | 133 ВИР        | Ленинградская обл.       |
| 8     | 151     | 69 ВИР         | Ленинградская обл.       |
| 9     | 165     | Любящее сердце | Челябинская обл.         |
| 10    | 166     | 07-5/30        | Челябинская обл.         |
| 11    | 170     | 15-2/10        | Челябинская обл.         |
| 12    | 181     | П 339/91       | Челябинская обл.         |
| 13    | 183     | 1/125          | Челябинская обл.         |
| 14    | 188     | 2/142          | Челябинская обл.         |
| 15    | 189     | 15-20/13       | Челябинская обл.         |
| 16    | 192     | 1/50           | Челябинская обл.         |
| 17    | Ш-22    | ВИР            | Ленинградская обл.       |
| 18    | Ш-43    | ВИР            | Ленинградская обл.       |

**2. Описание сортового материала лука шалота, 2024-2025 гг.**

| № п/п | Сортообразец           | Расшифровка     | Происхождение      |
|-------|------------------------|-----------------|--------------------|
| 1     | Альбик                 | Сорт            | Алтайский край     |
| 2     | Березовский аристократ | Сорт            | Тюменская область  |
| 3     | Варяг                  | Сорт            | Алтайский край     |
| 4     | Вяземский 9            | местный образец | Смоленская область |
| 5     | Дачная соната          | Сорт            | Смоленская область |
| 6     | Звезда                 | Сорт            | Московская область |
| 7     | Красное золото         | местный образец | Калужская область  |
| 8     | Монастырский           | Сорт            | Тюменская область  |
| 9     | Подворье               | местный образец | Московская область |
| 10    | Сибирский желтый       | Сорт            | Алтайский край     |
| 11    | Семейный               | местный образец | Московская область |
| 12    | Уральский красный      | Сорт            | Тюменская область  |
| 13    | Уральский 40           | Сорт            | Алтайский край     |
| 14    | Чиполучо               | местный образец | Краснодарский край |
| 15    | Яшма                   | Сорт            | Алтайский край     |

**3. Морфологическая характеристика коллекционных образцов лука шалота, 2024-2025 гг.**

| № п/п | Сортообразец | Число листьев, шт. | Длина листа, см | Ширина листа, см | Площадь листовой пластинки, см <sup>2</sup> |
|-------|--------------|--------------------|-----------------|------------------|---------------------------------------------|
| 1     | 101          | 23                 | 32,1±3,0        | 0,8±0,01         | 17,2                                        |
| 2     | 109          | 19                 | 17,3±1,6        | 0,6±0,01         | 7,0                                         |
| 3     | 126          | 25                 | 33,2±3,1        | 1,0±0,01         | 22,2                                        |
| 4     | 131          | 17                 | 25,1±2,5        | 0,8±0,01         | 7,4                                         |
| 5     | 137          | 23                 | 24,2±2,3        | 0,7±0,01         | 11,4                                        |
| 6     | 138          | 27                 | 28,1±3,0        | 1,0±0,01         | 17,9                                        |
| 7     | 147          | 30                 | 38,1±4,0        | 1,2±0,01         | 30,6                                        |
| 8     | 151          | 18                 | 21,7±2,0        | 0,6±0,01         | 8,7                                         |
| 9     | 165          | 22                 | 22,6±2,4        | 0,7±0,01         | 15,3                                        |
| 10    | 166          | 29                 | 29,7±3,0        | 1,0±0,01         | 19,9                                        |
| 11    | 170          | 18                 | 20,2±2,0        | 0,6±0,01         | 8,1                                         |
| 12    | 181          | 21                 | 22,4±2,1        | 0,7±0,01         | 10,5                                        |
| 13    | 183          | 22                 | 23,2±2,2        | 0,7±0,01         | 10,9                                        |
| 14    | 188          | 25                 | 26,1±2,8        | 0,8±0,01         | 13,9                                        |
| 15    | 189          | 20                 | 22,8±2,3        | 0,6±0,01         | 9,2                                         |
| 16    | 192          | 19                 | 21,7±2,2        | 0,6±0,01         | 8,7                                         |
| 17    | Ш-22         | 25                 | 26,9±2,7        | 0,7±0,01         | 12,6                                        |
| 18    | Ш-43         | 28                 | 30,1±3,1        | 1,2±0,01         | 24,2                                        |



Образцы лука шалота были охарактеризованы по основным морфометрическим признакам: число листьев, длина и ширина листа, и высота растения. Анализ коллекционного материала показал, что в среднем по 33 сортообразцам в условиях вегетации 2024 г. получены неплохие показатели по морфологической характеристике: число листьев, длина и ширина листа, площадь листовой пластинки. В таблице 3 представлены данные по наиболее выделившимся коллекционным образцам лука шалота.

Так, по числу листьев выделились четыре сортообразца, которые имели 28,5 листьев на растении при среднем значении 22,8, а по площади листовой пластинки при среднем значении 14,2 см<sup>2</sup>, такие образцы как 101, 126, 138, 147, 165, 166 и Ш-43 имели S листовой пластинки > 15 (размах варьирования от 15,3 до 30,6 см). Наибольшая ширина листа отмечена у образцов 126, 138, 147, 166 и Ш-43.

В условиях 2024 г. получены результаты по выгонке листовой массы из луковиц коллекционного питомника лука шалота. В качестве объектов исследования были использованы сорта Альбатрос, Батя, Березовский аристократ, Варяг, Дебют, Золотая звезда, Нафана, Сибирский желтый, Сувенир, Уральский фиолетовый, Яшма, а также местные коллекционные образцы Башкирский, Волгоградский, Вяземский 3, Дальневосточный, Красное золото, Ливанский, Ленинградский и Одинцовский 1.

Были показаны межсортовые различия по массе листьев с одного растения. Выявлена группа сортов и образцов (Волгоградский, Нафана, Одинцовский 1 и Яшма) с максимальным показателем признака 150,1–190,0 г. Минимальная масса листьев с одного растения была отмечена у сортообразца Ливанский (65,5 г).

Сравнительная характеристика коллекционного питомника лука шалота показывает, что средняя масса листьев отмечена у группы сортообразцов: Альбатрос, Батя, Березовский аристократ, Вяземский 3, Дальневосточный, Дебют, Золотая звезда, Красное золото, Ленинградский и Уральский фиолетовый. На уровне 100 г/растения себя показали: Варяг, Башкирский и Сувенир. В настоящее время лук шалот используется меньше на употребление в пищу зеленых листьев, чем луковиц [3, 4]. Поэтому нами ведется расширенная работа по изучению луковиц этой культуры.

### Заключение

1. Максимальная масса листьев с одного растения в условиях защищенного грунта отмечена у сорта Нафана и коллекционного образца Волгоградский.
2. Сортообразец Ливанский с розовой окраской сухих покровных чешуй показал себя в 2024-2025 гг. как перспективный образец для дальнейшей работы.

### Заявление о конфликте интересов.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### Литература

1. Агафонов А.Ф. Шалот – лук для всей семьи // Мир садовода, 2009, № 12. – С. 4.
2. Жаркова С.В., Шишкина Е.В., Жарков В.Г. Динамические характеристики образцов лука шалота в различных климатических условиях юга Западной Сибири // Вестник Алтайского государственного университета, 2015, № 9(131). – С. 40-43.
3. Марчева М.М., Середин Т.М. Сравнительная характеристика основных хозяйственно ценных признаков лука шалота (*Allium ascalonicum* L.) в Нечерноземной зоне РФ / Сб. научн. конф. (в печати) в сборнике: высокие технологии в растениеводстве – научная основа развития АПК. Сборник статей по итогам студенческой научно-практической конференции, 2020. – С. 82-85.
4. Golubkina N., Zamana S., Seredin T. et al. Effect of selenium biofortification and arbuscular mycorrhizal fungi on yield, quality and antioxidant properties of shallot bulbs // Plants, 2019, V. 8. – № 102. <https://doi.org/10.3390/plants8040102>

## ВЫРАЩИВАНИЕ И ПЕРЕРАБОТКА ОВОЩНОГО ТОПИНАМБУРА В РОССИИ

В.И. Старовойтов<sup>1</sup>, В.А. Бызов<sup>1</sup>, А.А. Манохина<sup>2</sup>, О.А. Старовойтова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха, Московская область, e-mail: agronir1@mail.ru

<sup>2</sup>Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва

**Аннотация.** Топинамбур – клубневая культура семейства Астровых. В 2025 г. в Реестре селекционных достижений РФ присутствовали пять сортов овощного топинамбура: Скороспелка, Омский белый, Солнечный, Пасько, Интерес. Исследования урожайности включенных в Реестр и новых гибридов показали перспективы развития производства топинамбура в России. Урожайность зеленой массы в экспериментах достигала 99,5 т/га; урожайность клубней – 95,2 т/га. Наиболее урожайными по зеленой массе оказались сорта (гибриды): Сиреники (51,9 т/га), Пасько (64,2 т/га), Солнечный (55,1 т/га), Скороспелка овощная (99,5 т/га). Наиболее урожайными по клубням – Сиреники (67,3 т/га), Пасько (70,7 т/га), Солнечный (63,9 т/га), Гигант (95,2 т/га), Фаворит (87,8 т/га), Солнечный красный (66,9 т/га), Скороспелка овощная (89,0 т/га).

**Ключевые слова:** топинамбур, клубни, урожайность, интродукция инулин, диабет, порошок, сироп.

## CULTIVATION AND PROCESSING OF JERUSALEM ARTICHOKE VEGETABLE CULTURE IN RUSSIA

V.I. Starovoitov<sup>1</sup>, V.A. Byzov<sup>1</sup>, A.A. Manokhina<sup>2</sup>, O.A. Starovoitova<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Russian Potato Research Centre, Moscow region, e-mail: agronir1@mail.ru

<sup>2</sup>Russian Timiryazev State Agrarian University (RSAU – MTAA), Moscow

**Abstract.** Jerusalem artichoke is a tuber crop of the Asteraceae family. In 2025, five Jerusalem artichoke varieties were included in the Register of Breeding Achievements of the Russian Federation: Skorospelka, Omskiy Bely, Solnechny, Pasko, and Interes. Yield studies of the hybrids included in the Register and new ones demonstrated promising prospects for Jerusalem artichoke production in Russia. Green mass yield in experiments reached 99.5 t/ha; tuber yield – 95.2 t/ha. The following varieties (hybrids) demonstrated the highest green mass yield: Sireniki (51.9 t/ha), Pasko (64.2 t/ha), Solnechny (55.1 t/ha), and Skorospelka Ovoshchnaya (99.5 t/ha). The most productive varieties in terms of tubers were Sireniki (67.3 t/ha), Pasko (70.7 t/ha), Solnechny (63.9 t/ha), Gigant (95.2 t/ha), Favorit (87.8 t/ha), Solnechny Krasny (66.9 t/ha), Skorospelka Vegetable (89.0 t/ha).

**Keywords:** Jerusalem artichoke, tubers, yield, inulin introduction, diabetes, powder, syrup.

**Введение.** Топинамбур – клубневая культура семейства Астровых. Наибольшие площади промышленных посадок топинамбура располагаются в России и Канаде [1]. Ранее топинамбур считался силосной культурой. В 2025 г. в Реестре селекционных достижений РФ [2] присутствуют пять сортов топинамбура как овощной культуры: Скороспелка (продолжительность вегетационного периода – 110-125 дней), Омский белый (125-130 дней), Сиреники (110-125 дней), Пасько (170-180 дней), Солнечный (170-180 дней).

Клубни топинамбура содержат до 80% инулина от сухой массы [3]. Выявлено положительное влияние употребления топинамбура при таких заболеваниях, как атеросклероз, сахарный диабет, болезни Альцгеймера (БА) [4, 5]. Регулярное применение лечебных препаратов из топинамбура при диабете снижает уровень сахара в крови.

Сотрудники ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха проводят многолетние исследования по продвижению культуры в промышленное производство и переработке сырья из топинамбура. Исследования ведутся совместно с ООО «ВИВА», компаниями ООО «ИстАгро Дон», АО «Чаганское» и др. предприятиями.

**Цель исследования** – провести полевые опыты по сравнительному анализу сортов топинамбура, входящих в Реестр, и новых гибридов.

**Материалы и методы.** В соответствии с методикой полевого опыта [6] проведены испытания входящих в реестр сортов (Скороспелка, Омский белый, Солнечный, Пасько, Интерес) и перспективных гибридов (Сиреники, Гигант, Фаворит, Скороспелка овощная, Солнечный красный) топинамбура в ООО «ВИВА» (Костромская обл.) в 2023 г. Опыты проводили на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве с

обменной кислотностью  $pH_{KCl}$  5,5 и гидролитической кислотностью Нг 1,8 мг-экв/100 г почвы; суммой поглощенных оснований S 1,5-3,9 мг-экв/100 г почвы и степенью насыщенности ими V 65,0%; высоким содержанием подвижного фосфора (280 мг/кг почвы), низким содержанием обменного калия (106 мг/кг почвы) и содержанием гумуса 2,4%. Опыт закладывали методом систематического размещения делянок в четырехкратной повторности.

Технология возделывания топинамбура включала осеннюю зяблевую вспашку (ПЛН-3-35 + МТЗ-82); весной – дискование тяжелой бороной (БДТ-3 + МТЗ-82) и нарезку гребней (КРН-4,2 + МТЗ-82). В опыте локальное внесение минеральных удобрений в запланированных дозах выполняли агрегатом КРН-4,2 + МТЗ-82.

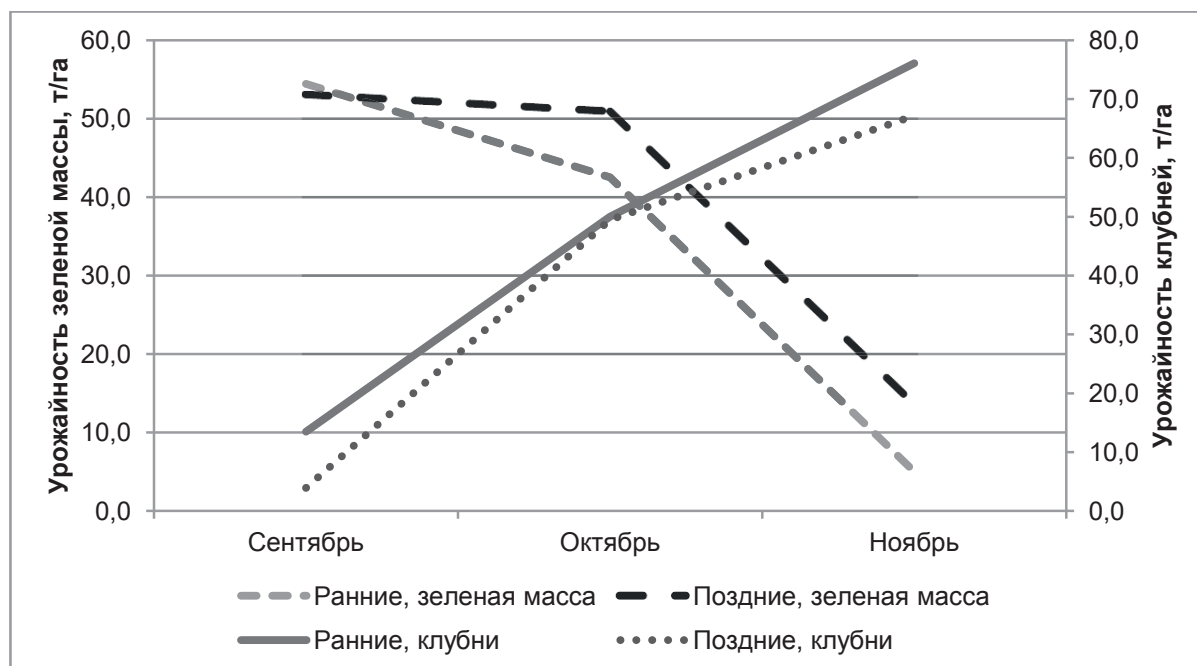
Посадку топинамбура осуществляли картофелесажалкой с ручной подачей клубней СН-4БК, которая предназначена для рядковой посадки пророщенных и непророщенных клубней топинамбура с одновременным внесением минеральных удобрений. Сажалка агрегируется с тракторами класса 1,4 (МТЗ-80/82, МТЗ-100/102). Ширина междурядий 75 см, густота посадки 30 тыс. шт/га, площадь делянки 25 м<sup>2</sup>. Междурядную обработку выполняли культиватором-окучником навесным КРН-4,2. Уборку клубней проводили вручную.

**Результаты и обсуждение.** Измерение урожайности зеленой массы топинамбура в первой декаде сентября 2023 г. показало, что в питомнике в зависимости от сорта урожайность составляла от 41,1 (Солнечный красный) до 99,5 (Скороспелка овощная) т/га. Биологическая урожайность клубней в это время составляла 3,1 (Солнечный) – 25,6 (Гигант) т/га.

К началу октября урожайность зеленой массы топинамбура в среднем по всем сортам и гибридам немного снизилась с 54,0 до 45,3 т/га; в зависимости от сорта урожайность составляла от 32,1 (Скороспелка) до 55,1 (Солнечный и Скороспелка овощная) т/га. Биологическая урожайность клубней в это время составляла от 31,2 (Скороспелка) до 78,4 (Гигант) т/га. Среднее значение массы клубней по всем испытываемым сортам и гибридам выросла от 10,3 до 49,8 т/га.

В начале ноября после кратковременных заморозков урожайность зеленой массы топинамбура в среднем по всем сортам и гибридам значительно снизилась с 45,3 (октябрь) до 7,9 (ноябрь) т/га. Измерение урожайности зеленой массы топинамбура в середине ноября показало, что в зависимости от сорта урожайность составляла от 3,6 (Сиреники) до 16,3 (Солнечный красный) т/га. Биологическая урожайность клубней в это время составляла от 58,2 (Скороспелка) до 95,2 (Гигант) т/га. Среднее значение массы клубней по всем испытываемым сортам и гибридам выросла от 49,8 до 73,1 т/га (таблица).

При объединении результатов по сортам с ранним сроком увядания ботвы и позднего срока (рисунок) получено, что пересечение линий массы ботвы и массы клубней у сортов с ранним сроком увядания надземной части растений (Скороспелка, Омский белый, Сиреники, Гигант, Фаворит, Скороспелка овощная) оказалось примерно в начале второй декады октября. У сортов с поздним сроком увядания надземной части



**Динамика накопления массы надземной части растений и массы клубней в среднем по сортам с ранним сроком увядания зеленой массы и поздним сроком увядания, т/га**

**Накопление урожая зеленой массы и клубней в зависимости от сроков уборки**

| Накопление урожая              | Сроки уборки |            |            |
|--------------------------------|--------------|------------|------------|
|                                | 06.09.2023   | 06.10.2023 | 06.11.2023 |
| Среднее по зеленой массе, т/га | 54,0         | 45,3       | 7,9        |
| НСР <sub>05</sub> , т/га       | 17,66        | 8,39       | 4,28       |
| Среднее по клубням, т/га       | 10,3         | 49,8       | 73,1       |
| НСР <sub>05</sub> , т/га       | 7,05         | 12,66      | 13,07      |

растений (Пасько, Солнечный, Солнечный красный) этот срок оказался примерно в начале третьей декады октября.

Анализ урожайности показал, что новые гибриды топинамбура имеют более высокие показатели, чем сорта, внесенные в Реестр селекционных достижений. Таким образом, генетический потенциал топинамбура далек от исчерпания.

Зеленая масса также имеет высокую урожайность. Однако в промышленном масштабе это ценное сырье пока не используется. Необходимо усилить научные работы в данном направлении. Тестирование грибов, выделенных с топинамбура, на устойчивость к некоторым фунгицидам [7], показало, что предстоит еще провести много исследовательской работы для оптимизации защиты культуры.

**Заключение.** Перспективы масштабного промышленного освоения открывают успехи Липецкого предприятия ООО «ИстАгроДон». Во время государственного визита Президента России Владимира Путина в КНР в 2024 г. между Россельхознадзором и Главным таможенным управлением Китая был подписан протокол о фитосанитарных требованиях к топинамбуру, экспортируемому из России. Поставлять в Китай будут обезвоженные полуфабрикаты из топинамбура и продукты глубокой переработки клубней. В истории торгово-экономических отношений между Китаем и Россией 27 августа 2025 года является днем, которому суждено быть вписанным в летопись развития производства топинамбура. В этот день первая в стране партия российской муки из топинамбура была успешно доставлена на территорию Китайской Народной Республики и благополучно прошла все необходимые таможенные процедуры [8]. Учитывая наличие научного потенциала, свободных пахотных земель в России, отечественных технологий выращивания и переработки топинамбура и мощностной экспортного рынка Китая для возделывания культуры открываются большие экономические перспективы.

**Конфликт интересов**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

**Литература**

1. Старовойтов В.И., Жевора С.В., Бызов В.А., Старовойтова О.А. и др. Индустрия производства топинамбура в Российской Федерации. Монография. – М.: ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха, 2025. – 288 с.
2. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию, 2025 г. <https://gossortrf.ru/registry/search/>
3. Коротков В.Д., Масловский С.А., Винокурова Е.В. Сравнительная оценка современных сортов топинамбура как сырья для производства инулина // Современные тенденции развития науки и мирового сообщества в эпоху цифровизации: сборник материалов XX Международной научно-практической конференции (шифр – МКСТР). – М.: ООО «Издательство АЛЕФ», 2023. – С. 89-93. <https://doi.org/110.34755/IROK.2023.74.84.018>
4. Lu X., Min L., Wei J., Gou H. et al. Heliangin inhibited lipopolysaccharide-induced inflammation through signaling NF-κB pathway on LPS-induced RAW 264.7 cells. Biomed. Pharmacother, 2017, V. 88. – P. 102-108.
5. Li K., Zhang L., Xue J., Yang X. et al. Dietary inulin alleviates diverse stages of type 2 diabetes mellitus via anti-inflammation and modulating gut microbiota in db/db mice // Food Funct., 2019, V. 10(4). – P. 1915-1927. <https://doi.org/10.1039/c8fo02265h>. PMID: 30869673
6. Старовойтов В.И., Старовойтова О.А., Манохина А.А. Методика проведения исследований по культуре топинамбура // Вестник Московского государственного агроинженерного университета имени В.П. Горячкина, 2018, № 1(83). – С. 7-14. <https://doi.org/10.26897/1728-7936-2018-1-7-14>
7. Терентьев В.М., Еланский С.Н., Чудинова Е.М. Тестирование грибов, выделенных с топинамбура, на устойчивость к некоторым фунгицидам / В сборнике «Инновационные процессы в сельском хозяйстве». Сборник статей XVI Международной научно-практической конференции. – М., 2024. – С. 382-384.
8. Россия начала поставки в Китай топинамбура // «Труд», № 063 за 12.09.2025



## ВЛИЯНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ГЕНОВ НА НАКОПЛЕНИЕ КАРОТИНОИДОВ В КОРНЕПЛОДАХ МОРКОВИ

К.С. Стебницкая, А.А. Байков, А.С. Домблидес

ФНЦ овощеводства, Московская область, e-mail: k-korottseva@yandex.ru

**Аннотация.** Морковь (*Daucus carota* L.) способна накапливать различные каротиноиды, такие как  $\beta$ - и  $\alpha$ -каротин, лютеин и ликопин. Увеличение содержания каротиноидов коррелирует со значительным увеличением экспрессии генов ферментов, участвующих в их биосинтезе. В настоящей работе проанализирована методом количественной ПЦР в реальном времени (ОТ-ПЦР РВ) экспрессия семи генов (*PSY1*, *PSY2*, *PDS*, *ZDS*, *LCYB1*, *LCYE*, *ZEP*) пути биосинтеза каротиноидов пяти сортообразцов моркови с корнеплодами различной окраски. Наибольшая активность этих генов наблюдали у двух генотипов Touchon и Nantes Clodia 2 с оранжевой окраской корнеплодов. Генотип с фиолетовой антоциановой окраской корнеплодов Purple Dragon также имел высокий уровень экспрессии генов и по этому показателю был близок к сорту Touchon, что подтвердило его ценность для дальнейшей селекции.

**Ключевые слова:** морковь, каротиноиды, ОТ-ПЦР РВ, экспрессия генов, *Daucus carota*.

## INFLUENCE OF FUNCTIONAL GENES ON CAROTENOID ACCUMULATION IN CARROT ROOT

K.S. Stebnitskaia, A.A. Baikov, A.S. Domblides

Federal Scientific Vegetable Center (FSBSI FSVC), Moscow region, e-mail: k-korottseva@yandex.ru

**Abstract.** Carrot (*Daucus carota* L.) enables to accumulate various carotenoids, such as  $\beta$ - and  $\alpha$ -carotene, lutein, and lycopene. Increased carotenoid content corresponds to a high level of gene expression responsible for carotene synthesis involved in metabolite biosynthetic pathway. In this study, we analyzed the expression of seven genes *PSY1*, *PSY2*, *PDS*, *ZDS*, *LCYB1*, *LCYE*, and *ZEP* encoding major enzymes in the carotenoid biosynthesis in five carrot varieties with different root color using quantitative real-time PCR (RT-qPCR). The highest activity of these genes was observed in two genotypes with orange-colored roots, Touchon and Nantes Clodia 2. The purple-colored genotype Purple Dragon containing anthocyanin has a high level of carotene nearby to the Touchon variety as confirmed analysis that can be regarded as the nutritionally valuable genotype.

**Keywords:** carrot, carotenoids, RT-qPCR, gene expression, *Daucus carota*.

**Введение.** Известны сорта моркови с различным качественным и количественным составом пигментов, которые могут придавать белую, желтую, оранжевую, красную, фиолетовую и смешанную окраску корнеплоду [1, 2]. Основной причиной такого разнообразия служит способность моркови синтезировать и накапливать большое количество различных типов каротиноидов, таких как  $\beta$ - и  $\alpha$ -каротин, лютеин, ликопин, а также антоцианы [1, 3]. Морковь остается одним из самых богатых источников провитамина А в повседневном питании, что показано биохимическими исследованиями с использованием методов жидкостной хроматографии [4]. Также они могут повысить способность организма защищаться от инфекций и предотвращать хронические болезни человека [5]. Содержание  $\beta$ -каротина в моркови может достигать 19,2 мг/100 г [6].

Каротиноиды в корнеплодах важны не только с точки зрения их диетической ценности, но и как соединения, которые играют центральную роль в обеспечении развития и стрессовой адаптации растений [7]. Известны 44 гена синтеза изопреноидов и 24 гена, кодирующие ферменты в цепочке последовательных превращений от изопентенила пирофосфата (IPP) до виолаксантина и конечным продуктом выступает абсцизовая кислота; они функционируют во всех генотипах с различной окраской корнеплодов, включая дикие формы моркови [8, 9, 10]. Селекция моркови направлена на получение генотипов с высоким содержанием каротина, который отвечают за насыщенную ярко оранжевую окраску корнеплодов [11].

Несмотря на то, что многие гены пути синтеза каротиноидов моркови известны и получены данные об их генетических последовательностях, их функции, влияющие на накоплении каротина в корнеплодах, пока остаются неясными. Изучение генетической основы биосинтеза каротиноидов позволит реализовать селекционные программы для выявления генисточников для селекции высококачественных сортов.

**Цель исследования** – установление уровня экспрессии семи основных генов, кодирующих основные ферменты биосинтеза каротиноидов в генотипах моркови с корнеплодами различной окраски.

**Материалы и методы.** В качестве объектов исследования были использованы пять сортов моркови: Purple Dragon (фиолетовая), Blanche a Collet Vert (белая), Touchon (оранжевая), Nantes Clodia 2 (оранжевая), Jaune du Doubs (желтая). Растения были выращены в полевых условиях ФНЦ Овощеводства согласно стандартной методике полевого опыта в овощеводстве ВНИИО [12]. Для анализа было отобрано по три типичных корнеплода из каждого изучаемого сорта.

Для экстракции тотальной РНК брали срез срединной части корнеплода массой 0,06 г. Фрагмент корнеплода был предварительно заморожен при  $-70^{\circ}\text{C}$  на сутки и затем измельчен до состояния порошка на приборе TissueLyser II («Qiagen», Германия) при частоте колебаний 26 Герц с продолжительностью 1,7 мин. Экстракцию тотальной РНК проводили в колонках согласно протоколу, прилагаемому к набору для экстракции тотальной растительной РНК, Aurum™ Total RNA Mini Kit (BioRad). Для избавления от остатков ДНК выделенную РНК дополнительно обрабатывали ДНКазой при комнатной температуре длительностью 30 мин. Конечную чистоту и концентрацию выделенной РНК определяли в спектрофотометре SmartSpec Plus (BioRad).

Обратная транскрипция. Реакционная смесь для обратной транскрипции объемом 20 мкл содержала смесь iScript RT (BioRad) воду и 1,5 мкг тотальной РНК. Смесь инкубировали в амплификаторе 5 мин. при  $25^{\circ}\text{C}$ , 40 мин. при  $42^{\circ}\text{C}$  и затем 5 мин. при  $85^{\circ}\text{C}$ .

Для изучения методом количественной ПЦР были отобраны семь генов, кодирующих основные ферменты биосинтеза каротиноидов (таблица). Праймеры для амплификации были отобраны из исследования [13]. В качестве референсных генов использовали ген фактора элонгации (1-альфа (EF1a)) и ген актина (AC1), относительно экспрессии которых сравнивали активность изучаемых генов биосинтеза.

ПЦР в реальном времени проводили на приборе CFX96 (BioRad), в реакционной смеси объемом 20 мкл, с использованием набора реагентов БиоМастер ОТ-ПЦР-РВ (2×) (Биолабмикс, Москва), куда входили все необходимые компоненты. Программа амплификации состояла из денатурации при  $95^{\circ}\text{C}$ , 15 сек., отжига праймеров при  $60^{\circ}\text{C}$ , 35 сек. и элонгации и одновременной детекции при  $72^{\circ}\text{C}$  35 сек.

Общее количество каротиноидов измеряли согласно статье [15] с небольшими изменениями. Навески моркови (0,1 г) замораживали при  $-70^{\circ}\text{C}$  в пробирках Eppendorf объемом 2 мл с металлическими шариками диаметром 3 мм. После гомогенизировали при помощи прибора TissueLyser II («Qiagen», Германия) при частоте колебаний 32 Герц с продолжительностью 1,5 мин., перемешивали на вортексе в течение 5 сек. и добавляли ацетон 1,5 мл, оставляли экстрагироваться на 1 ч. до достижения осадка белого цвета. Далее осаждали на центрифуге при 6000 об/мин в течение 6 мин. Для измерения на спектрофотометре «Solar PB2201» в кювету отбирали пробу 1 мл и объем доводили до 2 мл ацетоном.

Концентрацию каждого пигмента определяли, измерив оптическую плотность при длинах волн 443, 475, 492 и 505 нм, то есть  $A_{443}$ ,  $A_{475}$ ,  $A_{492}$  и  $A_{505}$  соответственно, и выполняли расчеты по формулам согласно предыдущей публикации [15]:

$$\alpha\text{-каротин (мг/л)} = 0,847 A_{443} + 3,218 A_{475} - 1,499 A_{492} - 3,519 A_{505} - 0,119 \quad (r = 0,965, \text{SEP} = 0,231);$$

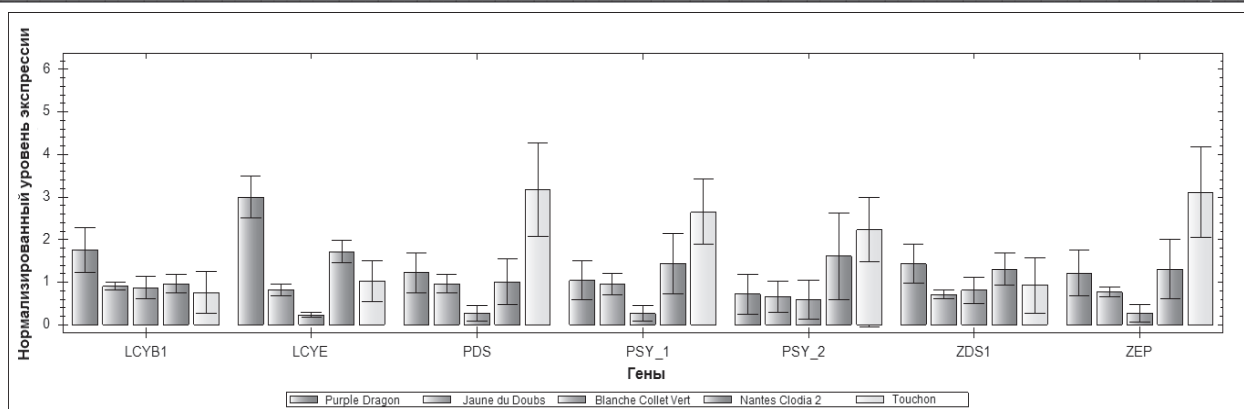
$$\beta\text{-каротин (мг/л)} = -1,488 A_{443} + 4,844 A_{492} - 2,352 A_{505} + 0,098 \quad (r = 0,946, \text{SEP} = 0,228).$$

Статистический анализ. Однофакторный дисперсионный анализ осуществляли в программе Statistica 10, согласно встроенному модулю обработки данных ANOVA [StatSoft, Inc. (2011) Statistica (Data Analysis Software System), Version 10. <http://www.statsoft.com>].

**Результаты и обсуждение.** В результате анализа экспрессии семи основных генов, участвующих в процессе синтеза каротиноидов в корнеплодах моркови показано, что наибольшую активность транскрипции наблюдали у двух генотипов с оранжевой окраской корнеплодов Touchon и Nantes Clodia 2. Генотип с фиолетовой антоциановой окраской корнеплодов Purple Dragon также не уступал по уровню экспрессии (рис. 1).

#### Основные гены кодирующие ферменты синтеза каротиноидов в корнеплодах моркови, взятые для исследования

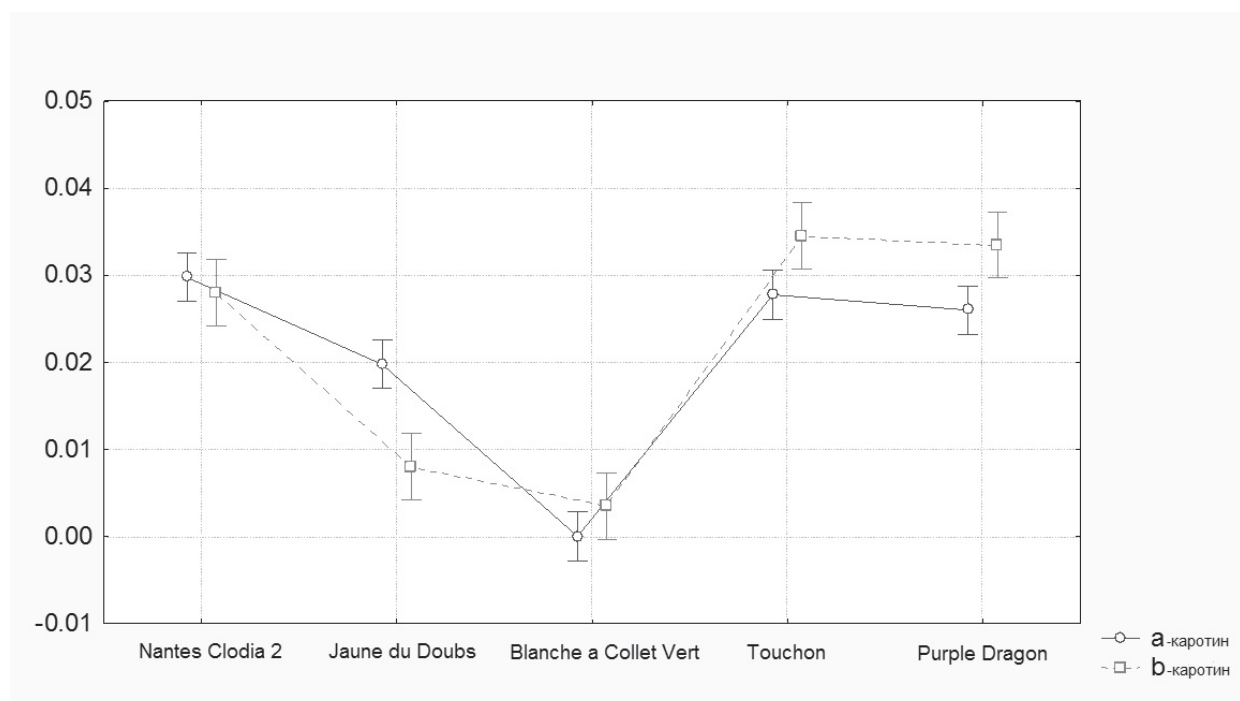
| Обозначение гена | Фермент                  | Наименование в Генбанке NCBI [14] |
|------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| EF1a (реф)       | Фактор элонгации 1-альфа | D12709                            |
| AC1 (реф)        | Актин AC1                | X17526                            |
| PSY1             | Фитоин-синтаза 1         | DQ192186                          |
| PSY2             | Фитоин-синтаза 2         | DQ192187                          |
| PDS              | Фитоин-десатураза        | DQ222429                          |
| ZDS1, ZDS2       | ζ – Каротиндесатураза    | DQ222430 & DQ192189               |
| LCYB1            | Ликопин-β-циклаза        | DQ192190                          |
| LCYE             | Ликопин-ε-циклаза        | DQ192192                          |
| ZEP              | Зеаксантинэпоксидаза     | DQ192197                          |



**Рис. 1. Уровень экспрессии основных семи генов, кодирующих ферменты синтеза каротиноидов в корнеплодах моркови пяти генотипов моркови**

Самый низкий уровень экспрессии отмечен у генотипов Blanche a Collet Vert с белой окраской корнеплода, и Jaune du Doubs с желтой окраской корнеплода по четырем генам LCYE, PDS, PSY1 и ZEP. Уровень экспрессии для генов PDS, PSY1 и ZEP, кодирующих ферменты фитоин-десатуразу, фитоин-синтазу, зеаксантинэпоксидазу в оранжевых корнеплодах был в десять раз выше по сравнению с белым сортом моркови Blanche a Collet Vert. Более выровненный уровень активности наблюдали для гена LCYB1 для всех изучаемых генотипов, где значительной разницы между сортами не отмечено. Ген ZEP, кодирующий фермент зеаксантинэпоксидазу превращающий зеаксантин в виолаксантин на финальной стадии синтеза каротиноидов, показал значительные различия между исследуемыми генотипами. Для четырех генов PDS, PSY1, PSY2 и ZEP сорт Touchon имел наиболее высокий уровень экспрессии. Анализ содержания каротиноидов в изучаемых генотипах с использованием спектрофотометрии также выявил существенную разницу между исследуемыми образцами как по уровню  $\alpha$ -каротина ( $F = 86,4$ ,  $p = 0,0000$ ), так и по уровню  $\beta$ -каротина ( $F = 67,7$ ,  $p = 0,0000$ ). Наибольшее накопление  $\alpha$ -каротина отмечено в сортах Touchon, Nantes Clodia 2 и Purple Dragon (рис. 2).

По содержанию  $\beta$ -каротина наибольшие показатели наблюдали у сортов Touchon и Purple Dragon. Генотип с белой окраской корнеплодов имел нулевое значение по содержанию  $\alpha$ -каротина и минимальные значения по содержанию  $\beta$ -каротина. Результаты анализа экспрессии семи основных генов, кодирующих ферменты биосинтеза каротиноидов и непосредственного содержания  $\alpha$ - и  $\beta$ -каротина, были сопоставимы между собой, подтверждая тот факт, что свойства корнеплодов моркови зависят от активности генов синтеза.



**Рис. 2. Содержание  $\alpha$ - и  $\beta$ -каротина в корнеплодах пяти генотипов моркови, мг/г**

Четыре гена из семи изученных показали высокую активность именно в сортах, которые активно накапливают каротиноиды в корнеплодах.

**Заключение.** В ходе исследований было показано, что в корнеплодах с оранжевой окраской уровень активности изучаемых генов был заметно выше по сравнению с сортами, имеющими белые и желтые корнеплоды. В генотипах с белой и желтой окраской корнеплодов присутствуют все изученные гены, участвующие в синтезе каротиноидов, но активность их подавляется, хотя гены ZDS1 и LCYB1 показали практически одинаковый уровень экспрессии у всех генотипов. На основе изучения активности генов был выделен сорт Touchon, известный высоким содержанием каротина.

Генотип с фиолетовой окраской корнеплодов также приближался по содержанию каротиноидов и активных транскриптов к сорту Touchon, имея в своем составе помимо каротина антоцианы, подтверждает его высокую пищевую ценность. Генетический анализ генов синтеза каротиноидов позволяет выявлять генотипы с высокой активностью данных генов и направлять селекционный процесс на повышение качества моркови. Метод ПЦР в реальном времени позволяет проследивать метаболические процессы для выявления ценных генисточников с высокими показателями качества.

**Заявление о конфликте интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### Литература

1. Surles R.L., Weng N., Simon P.W. et al. Carotenoid Profiles and Consumer Sensory Evaluation of Specialty Carrots (*Daucus carota*, L.) of Various Colors // J. Agric. Food Chem., 2004, V. 52(11). – P. 3417-3421. <https://doi.org/10.1021/jf035472m>.
2. Arscott S.A., Tanumihardjo S.A. Carrots of many colors provide basic nutrition and bioavailable phytochemicals acting as a functional food // Comprehensive review in food science and food safety, 2010, V. 9(2). – P. 223-239. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2009.00103.x>.
3. Montilla E.C., Arzaba M.R., Hillebrand S. et al. Anthocyanin composition of black carrot (*Daucus carota* ssp. *sativus* var. *atrorubens* Alef.) cultivars Antonina, Beta Sweet, Deep Purple, and Purple Haze // Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2011, V. 59(7). – P. 3385-3390. <https://doi.org/10.1021/jf104724k>.
4. Zahra N., Saeed K., Shahzad K. et al. Beta Carotene Determination in Different Vegetables by High Performance Liquid Chromatography // Pakistan Journal of Analytical & Environmental Chemistry, 2022, V. 23(1). – P. 160-167. <https://doi.org/10.21743/PJAEC/2022.01.16>.
5. Kaulmann A., Bohn T. Carotenoids, inflammation, and oxidative stress-implications of cellular signaling pathways and relation to chronic disease prevention // Nutrition research, 2014, V. 34(11). – P. 907-929. <https://doi.org/10.1016/J.NUTRES.2014.07.010>.
6. Нилова Л.П., Потороко И.Ю. Каротиноиды в растительных пищевых системах // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии», 2021, V. 9(4). – С. 54-69. <https://doi.org/10.14529/food210407>.
7. Sierra J., McQuinn R.P., Leon P. The role of carotenoids as a source of retrograde signals: impact on plant development and stress responses // Journal of Experimental Botany, 2022, V. 73(21). – P. 7139-7154. <https://doi.org/10.1093/jxb/erac292>.
8. Wang H., Ou C.G., Zhuang F.Y. et al. The dual role of phytoene synthase genes in carotenogenesis in carrot roots and leaves // Molecular Breeding, 2014, V. 34(4). – P. 2065-2079. <https://doi.org/10.1007/S11032-014-0163-7/FIGURES/5>.
9. Perrin F., Braham M., Dubois-Laurent C. et al. Differential pigment accumulation in carrot leaves and roots during two growing periods // Journal of agricultural and food chemistry, 2016, V. 64(4). – P. 906-912. <https://doi.org/10.1021/ACS.JAFC.5B05308>.
10. Perrin F., Hartmann L., Dubois-Laurent C. et al. Carotenoid gene expression explains the difference of carotenoid accumulation in carrot root tissues // Planta, 2017, V. 245(4). – P. 737-747. <https://doi.org/10.1007/S00425-016-2637-9/FIGURES/6>.
11. Iorizzo M., Ellison S., Senalik D. et al. A high-quality carrot genome assembly provides new insights into carotenoid accumulation and asterid genome evolution // Nature genetics, 2016, V. 48(6). – P. 657-666. <https://doi.org/10.1038/ng.3565>.
12. Литвинов С.С. Методика полевого опыта в овощеводстве. – М.: Россельхозакадемия, ГНУ ВНИИО, 2011. – 636 с.
13. Cloutault J., Peltier D., Berruyer R. et al. Expression of carotenoid biosynthesis genes during carrot root development // Journal of Experimental Botany, 2008, V. 59(13). – P. 3563-3573. <https://doi.org/10.1093/jxb/ern210>.
14. Sayers E. W., Beck J., Bolton E. E. et al. Database resources of the National Center for Biotechnology Information in 2025 // Nucleic acids research, 2025, V. 53(D1). – P. D20-D29. <https://doi.org/10.1093/nar/gkae979>.
15. Alasvalar C., Al-Farsi M., Quantick P. C. et al. Effect of chill storage and modified atmosphere packaging (MAP) on antioxidant activity, anthocyanins, carotenoids, phenolics and sensory quality of ready-to-eat shredded orange and purple carrots // Food Chemistry, 2005, V. 89(1). – P. 69-76. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.02.013>.
16. Nagata M., Noguchi Y., Ito H. et al. A simple spectrophotometric method for the estimation of  $\alpha$ -carotene,  $\beta$ -carotene and lycopene concentrations in carrot acetone extracts, 2007, P. 351-355. <https://doi.org/10.3136/nskkk.54.351>.



## КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА КОЛЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА МОРКОВИ СТОЛОВОЙ И ОТБОР ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Т.О. Тихонова, Е.Г. Козарь, В.А. Степанов, И.А. Енгальчева

ФНЦ овощеводства, Московская область, e-mail: tikhonova@tatyana94.ru

**Аннотация.** В лаборатории селекции и семеноводства столовых корнеплодов ФГБНУ ФНЦ овощеводства одним из приоритетных направлений является создание гибридов  $F_1$  сортотипа Шантенэ для почв среднетяжелого гранулометрического состава, пригодных к механизированной технологии. Создание нового исходного материала и родительских линий начинается с изучения генетически разнообразного коллекционного материала для выделения источников целевых признаков, что и стало целью данных исследований. В результате оценки по признакам листовой розетки из 11 образцов большинство соответствовали требованиям модели сорта, тогда как по признакам корнеплода только некоторые из них можно рассматривать как источники отдельных признаков. Наиболее ценными по совокупности признаков для селекции являются сорта Zanoharia Carrot (Франция), Шантенэ 2461 (Россия) и гибрид Канада  $F_1$  (Bejo).

**Ключевые слова:** морковь, селекция, исходный материал, болезни моркови, групповая устойчивость.

## COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF CARROT COLLECTION MATERIAL AND CREATION OF SOURCE MATERIAL FOR MECHANIZED TECHNOLOGY

T.O. Tikhonova, E.G. Kozar, V.A. Stepanov, I.A. Engalychева

Federal Scientific Vegetable Center, Moscow region, e-mail: tikhonova@tatyana94.ru

**Abstract.** In the laboratory of selection and seed production of root crops at the Federal State Budgetary Scientific Institution of the Federal Scientific Center, one of the priority directions is the creation of  $F_1$  hybrids for soils of medium-heavy granulometric composition of the Shanteney variety type, suitable for mechanized technology. The creation of new breeding material and parent lines begins with the study of genetically diverse collection material to identify sources of target traits, which was the goal of this research. As a result, according to the leaf rosette traits, most of the 11 samples matched the variety model requirements, while in terms of root crop traits, only some of them can be considered as sources of individual traits. In total, the most interesting varieties for selection may include Zanoharia Carrot (France), Shanteney 2461 (Russia), and the Canada  $F_1$  hybrid (Bejo).

**Keywords:** carrot, selection, source material, carrot diseases, group resistance.

**Введение.** Анализ современных тенденций в агропромышленном комплексе показывает, что селекция моркови столовой в значительной степени определяется запросами рынка [1, 2]. Основными требованиями к качеству моркови относят высокие товарные показатели выровненных по форме и размерам корнеплодов; технологичность выращивания и механизированной уборки; устойчивость к механическим повреждениям, хранению и болезням. Современная селекция моркови столовой направлена на создание конкурентоспособных трехлинейных гибридов  $F_1$  на основе цитоплазматической мужской стерильности (ЦМС), что позволяет защитить авторские права селекционеров [3]. Гетерозисный эффект у гибридов проявляется в увеличении мощности растений, большей однородности корнеплодов, раннеспелости и товарности, дружности созревания, повышении устойчивости к болезням, высокой сохранности при зимнем хранении и урожайности по сравнению с известными сортами и родительскими компонентами.

В лаборатории селекции и семеноводства столовых корнеплодов ФГБНУ ФНЦ овощеводства одним из приоритетных направлений является создание гибридов  $F_1$  наиболее востребованного сортотипа Шантенэ, пригодных к механизированной технологии для почв среднетяжелого гранулометрического состава, отвечающих следующим заданным параметрам модели:

- Срок созревания – среднеспелые, 100-135 суток.
- Листовая розетка – полустоячая, высотой не менее 40 см; средняя ширина места прикрепления.

○ Корнеплод – коническая форма (3 балла), длина 16-18 см, ширина в верхней части 4-4,5 см; нижней части 2-2,5 см; однородная интенсивно оранжевая окраска (5-7 баллов), гладкая поверхность (1-3 балла), масса 120-150 г.

○ Урожайность – 60-70 т/га на гребнях и 30-40 т/га на грядах; сохранность (после длительного хранения) – не менее 85%.

Создание нового исходного и линейного материала для родительских линий, независимо от направления и зональности селекции, начинается со сбора и сравнительного изучения генетически разнообразного коллекционного материала. В коллекционном питомнике выделяют генотипы – источники комплекса целевых признаков согласно модели.

**Цель исследования** – комплексное изучение коллекционного материала моркови столовой сортотипа Шантенэ различного происхождения.

**Материалы и методы.** Исследования проводили в 2023-2025 годах в открытом грунте Одинцовского района (МО) в соответствии с методическими указаниями ВИР и UPOV [4, 5]. Агрохимическая характеристика почв опытных полей ФГБНУ ФНЦО:  $pH_{KCl}$  5,6-6,1 (потенциометрический метод); содержание гумуса 1,8-2,0% (по Тюрину); подвижного фосфора ( $P_2O_5$ ) – 420-480 мг/кг (по Кирсанову); обменного калия ( $K_2O$ ) – 165 мг/кг (по Кирсанову ГОСТ Р 54650-2011); сумма обменных оснований (S)-18,9 мг-экв/100 г (трилометрический по Каппену-Гильковицу). Материал исследований – 11 коллекционных образцов моркови столовой сортотипа Шантенэ различного происхождения. Площадь учетной делянки 5 м<sup>2</sup>; повторность двукратная. Посев проводили на грядах в конце мая, уборку – в середине сентября. Анализировали целевые признаки растений (согласно модели), структуру урожая, сохранность после хранения и устойчивость к болезням по соответствующим методикам [6]. Дифференциацию по группам устойчивости (ГУ) осуществляли в зависимости от показателя распространенности (Р, %) болезней в образце: I – устойчивые (Р = 0%); II – относительно устойчивые (Р = 1-20%), III – средневосприимчивые (Р = 21-50%) и IV – восприимчивые (Р = 51-85%). Обработку экспериментальных данных проводили по соответствующим методам статистического анализа [7] с использованием программы MS Excel 2010.

**Результаты и обсуждение.** Изученные образцы характеризовались коротким по длине черешком листовой розетки без антоциана, средней рассеченностью и интенсивностью зеленой окраски листа. Среди них только два образца (23%) имели раскидистую листовую розетку, остальные – полустоячую. Высота листовой розетки у всех образцов превышала 40 см (кроме Канберры F<sub>1</sub>) (табл. 1).

При выращивании на среднетяжелых почвах корнеплоды изученных образцов имели достаточно интенсивную окраску (5-7 баллов), плоскоокруглые плечики, тупое или слегка заостренное основание, большинство из них характеризовались конической формой корнеплода (3 балла) и три – усечено-конической (5 баллов), что соответствует сортотипу Шантенэ (табл. 2). Но по сочетанию других признаков они не все соответствовали требованиям модели. Гладкую поверхность (1 балл) имели только пять гибридов, из них только три – маленькую сердцевину (1-3 балла). По длине корнеплода выделились три образца, по диаметру – шесть, а по средней массе – только Шантенэ 2461 и Канада F<sub>1</sub>.

### 1. Характеристика коллекционных образцов моркови столовой сортотипа Шантенэ по признакам листовой розетки (2023-2025 гг.)

| Наименование            | Положение* | Прикрепление** | Высота розетки, см | Длина листовой пластинки, см | Ширина листовой пластинки, см |
|-------------------------|------------|----------------|--------------------|------------------------------|-------------------------------|
| Марлинка-ст.            | 1          | 5              | 68,8               | 15,1                         | 8,0                           |
| Риф F <sub>1</sub> -ст. | 1          | 3              | 41,0               | 7,7                          | 3,7                           |
| Zanoharia Carrot        | 1          | 3              | 44,9               | 13,1                         | 7,1                           |
| Шантенэ 2461            | 1          | 3              | 55,7               | 12,6                         | 6,6                           |
| Кесена F <sub>1</sub>   | 3          | 5              | 64,2               | 14,4                         | 9,3                           |
| Каскад F <sub>1</sub>   | 1          | 3              | 52,4               | 10,5                         | 5,7                           |
| Каракас F <sub>1</sub>  | 1          | 5              | 42,9               | 10,3                         | 6,4                           |
| Канада F <sub>1</sub>   | 1          | 5              | 48,7               | 12,7                         | 8,4                           |
| Кентавр F <sub>1</sub>  | 3          | 5              | 45,7               | 15,2                         | 7,5                           |
| Кардифф F <sub>1</sub>  | 1          | 3              | 49,3               | 15,4                         | 7,2                           |
| Кюрасао F <sub>1</sub>  | 1          | 3              | 43,0               | 9,9                          | 4,9                           |
| Канберра F <sub>1</sub> | 1          | 3              | 36,8               | 11,6                         | 5,4                           |
| Кордоба F <sub>1</sub>  | 1          | 5              | 41,3               | 13,1                         | 6,4                           |
| НСР <sub>05</sub>       |            |                | 12,3               | 3,4                          | 2,6                           |

\* положение листовой розетки 1 – полустоячая, 3 – раскидистая; \*\* ширина места прикрепления 3 – узкая, 5 – средняя.

## 2. Характеристика коллекционных образцов моркови столовой по хозяйственным и морфологическим признакам корнеплода (2023-2025 гг.)

| Наименование            | Форма, балл | Поверхность, балл | Диаметр сердцевины, балл | Длина корнеплода, см | Диаметр корнеплода, см | Интенсивность окраски, балл | Масса корнеплода, г | Товарная урожайность, т/га | Сохранность, % | Группа устойчивости (ГУ) |
|-------------------------|-------------|-------------------|--------------------------|----------------------|------------------------|-----------------------------|---------------------|----------------------------|----------------|--------------------------|
| Марлинка-ст.            | 3           | 1                 | 1                        | 20                   | 4,8                    | 5                           | 135                 | 31,6                       | 89             | II                       |
| Риф F <sub>1</sub> -ст. | 5           | 3                 | 3                        | 18                   | 3,9                    | 5                           | 120                 | 33,2                       | 90             | II                       |
| Zanoharia Carrot        | 3           | 3                 | 5                        | 20                   | 4,0                    | 5                           | 90                  | 31,3                       | 85             | II                       |
| Шантенэ 2461            | 3           | 3                 | 1                        | 18                   | 5,3                    | 5                           | 125                 | 37,3                       | 41             | IV                       |
| Кесена F <sub>1</sub>   | 3           | 3                 | 5                        | 24                   | 6,5                    | 5                           | 88                  | 30,1                       | 88             | II                       |
| Каскад F <sub>1</sub>   | 3           | 3                 | 5                        | 17                   | 4,5                    | 5                           | 100                 | 27,7                       | 75             | III                      |
| Каракас F <sub>1</sub>  | 3           | 3                 | 5                        | 15                   | 4,3                    | 7                           | 70                  | 17,2                       | 54             | IV                       |
| Канада F <sub>1</sub>   | 5           | 3                 | 3                        | 20                   | 4,3                    | 5                           | 120                 | 31,9                       | 85             | II                       |
| Кентавр F <sub>1</sub>  | 5           | 1                 | 1                        | 19                   | 4,0                    | 5                           | 80                  | 20,4                       | 47             | IV                       |
| Кардифф F <sub>1</sub>  | 3           | 1                 | 3                        | 18                   | 4,2                    | 5                           | 50                  | 19,3                       | 78             | III                      |
| Кюрасао F <sub>1</sub>  | 3           | 1                 | 7                        | 13                   | 3,6                    | 7                           | 60                  | 28,0                       | 83             | III                      |
| Канберра F <sub>1</sub> | 5           | 1                 | 5                        | 15                   | 3,4                    | 7                           | 70                  | 24,0                       | 88             | II                       |
| Кордоба F <sub>1</sub>  | 3           | 1                 | 3                        | 15                   | 3,6                    | 5                           | 70                  | 28,5                       | 94             | II                       |
| НСП <sub>05</sub>       |             |                   |                          | 4                    | 1,5                    |                             | 28                  | 6,1                        | 3              |                          |

Примечание: форма корнеплода 3 – коническая, 5 – усеченно-коническая; поверхность 1 – гладкая, 3 – слаборебристая; \* диаметр сердцевины относительно общего диаметра 1 – очень маленький; 3 – маленький; 5 – среднего размера; интенсивность окраски 5 – средняя, 7 – темная.

По товарной урожайности большинство образцов не соответствовало параметрам модели и на уровне стандартов (> 30 т/га) в среднем за годы исследований отмечены только Zanoharia Carrot, Шантенэ 2461, Кесена F<sub>1</sub> и Канада F<sub>1</sub>. По сохранности корнеплодов выделились пять образцов из относительно устойчивой группы (ОУ), у которых доля пораженных болезнями (белая гниль, альтернариоз и фузариоз) корнеплодов не превышала 15%.

**Заключение.** По признакам листовой розетки большинство изученных коллекционных образцов практически соответствуют требованиям модели, тогда как по признакам корнеплода каждый из них можно рассматривать как источники отдельных признаков. По совокупности признаков наибольшую селекционную ценность для создания исходного материала для механизированной технологии в условиях средней Нечерноземья могут представлять сорта Zanoharia Carrot (Франция), Шантенэ 2461 (Россия) и гибрид Канада F<sub>1</sub> (Bejo).

### Заявление о конфликте интересов.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### Финансирование.

Исследования выполнены по Государственному заданию FGGF-2025-0006.

### Литература

- Ховрин А.Н. Направления и результаты исследований по селекции моркови столовой // Картофель и овощи, 2022, № 9. – С. 37-40. <https://doi.org/10.25630/PAV.2022.32.71.005>
- Степанов В.А., Федорова М.И., Вюртц Т.С. Сорта и гибриды моркови столовой для промышленных технологий // Известия ФНЦО, 2023, № 3. – С. 7-16. <https://doi.org/10.18619/2658-4832-2023-3-7-16>
- Солдатенко А.В., Ветрова С.А., Степанов В.А. и др. История научной работы со свеклой столовой в Российской Федерации // Известия ФНЦО, 2025, № 3. – С. 36-59. <https://doi.org/10.18619/2658-4832-2025-3-36-59>
- Методические указания ВИР по изучению и поддержанию мировой коллекции корнеплодов. – Л.: ВИР, 1981. – 88 с.
- Методические указания Международного союза по защите новых сортов растений (Методика UPOV).
- Самохвалов А.Н. Методы селекции овощных растений на устойчивость к болезням. – М. ВНИИССОК, 1997. – 205 с.
- Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: с основами статистической обработки результатов исследований. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

## ГРИБНЫЕ БОЛЕЗНИ КАРТОФЕЛЯ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ УЗБЕКИСТАНА

Н.С. Хайтбаева<sup>1</sup>, Д.Б. Есенова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>НИИ карантина и защиты растений, Ташкент, Узбекистан, e-mail: khaytbayevanodira@mail.ru

<sup>2</sup>Каракалпакский институт сельского хозяйства и агротехнологий, Нукус, Узбекистан

**Аннотация.** Изучено распространение и симптомы альтернариоза, фузариозного увядания и фитофтороза у сортов картофеля Дисим палак, Санта и Гала, выращиваемых в экстремальных условиях Республики Каракалпакстан. Предложены биофунгициды с высокой эффективностью в отношении фузариоза и альтернариоза. Результаты могут быть использованы фермерами, специализирующимися на картофелеводстве.

**Ключевые слова:** картофель, альтернариоз, фузариоз, фитофтороз, Санта, Досим палак, Гала, грибные болезни.

## FUNGAL DISEASES OF POTATOES IN THE EXTREME CONDITIONS OF UZBEKISTAN

N.S. Khaitbaeva<sup>1</sup>, D.B. Yesenova<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Plant Quarantine and Protection Research Institute, Tashkent, Uzbekistan, e-mail: khaytbayevanodira@mail.ru

<sup>2</sup>Karakalpakstan Institute of Agriculture and Agrotechnologies, Nukus, Uzbekistan

**Abstract.** The distribution and symptoms of early blight (*Alternaria* spp.), *Fusarium* wilt (*Fusarium* spp.), and late blight (*Phytophthora infestans*) were analyzed in the Disim Palak, Sante, and Gala potato varieties grown under the extreme conditions of the Republic of Karakalpakstan. Biofungicides with high efficacy against *Fusarium* wilt and early blight were proposed. The results can be used by potato farmers.

**Keywords:** potato, early blight, *Fusarium* wilt, late blight, fungal diseases, Santa, Dosim Palak, Gala, fungicide.

**Введение.** В мировом сельском хозяйстве картофель по площади занимает четвертое место после пшеницы, риса и кукурузы, а по значению – второе. В клубне содержится около 75% воды и 25% сухого вещества. Доля крахмала в клубнях составляет от 13 до 20%, белка – 2-3%, клетчатки – 1%, жира – 0,2-0,3%, сахара – 1%, золы – 0,8-1,0%; в небольших количествах содержатся витамины и минеральные элементы. В различных почвенно-климатических условиях Узбекистана картофель высаживают в разные сроки. В Республике Каракалпакстан картофель выращивают в два различных срока. Основное значение имеет картофель первого урожая, высаживаемый весной и созревающий поздней осенью. В Республике Каракалпакстан посевные площади картофеля сосредоточены преимущественно на умеренно и сильно засоленных почвах.

В дополнение к основным мелиоративным методам борьбы с засолением на слабозасоленных землях применяют и специфические приемы: 1. Выбор сортов сельскохозяйственных культур, устойчивых к засолению. 2. Использование семенного материала из растений, выращенных на засоленных почвах. 3. Ранняя высадка пророщенных клубней для получения урожая до подъема солей. 4. Мульчирование для предотвращения испарения влаги и подъема солей. 5. Плотная посадка сельскохозяйственных культур для затенения поверхности почвы и снижения испарения. 6. Рыхление междурядий, что предотвращает подъем солей. 7. Частый полив умеренными нормами (400-500 м<sup>3</sup>/га) и другие мероприятия.

**Методы.** Учет заболеваемости посадок картофеля фузариозным увяданием, альтернариозом и фитофторозом проводили от фазы всходов до сбора урожая. В зависимости от природных и экологических условий хозяйств были определены участки для наблюдений, а также количество учитываемых растений или деленок. Регулярные наблюдения осуществлялись каждые десять дней в течение вегетационного периода.

**Распространенность заболевания** определялась на основании расчета процента растений с признаками болезни от общего количества растений, наблюдаемых на определенной площади (Дементьева, 1977). Для этого использовали следующую формулу:

$$P = [n/N] \times 100,$$

где: P – распространенность заболевания, %; N – общее количество наблюдаемых растений; n – количество растений с признаками заболевания.

**Эффективность фунгицидов** определяли по формуле:

$$B = (R_k - R_o) / R_k \times 100,$$

где: B – биологическая эффективность; R<sub>k</sub> – развитие болезни в контроле, %; R<sub>o</sub> – развитие болезни в опыте, %.



**Результаты.** В экстремальных климатических условиях Каракалпакстана популярны среднеспелые сорта Досим Палак, Гала и Сантэ. Для получения высокого и качественного урожая клубней основными мерами являются посев здорового семенного материала, своевременное применение агротехнических мероприятий и эффективная борьба с вредоносными организмами. У сортов картофеля, высаженных весной, широкое распространение и вредоносность имеют фузариоз, альтернариоз и фитофтороз. Данные заболевания поражают надземные части растения, что приводит к нарушению фотосинтеза и, в результате, к снижению урожайности у пораженных растений по сравнению со здоровыми.

Возбудителем альтернариоза является гриб *Alternaria solani*. Заболевание проявляется ранней весной и активно развивается при температуре воздуха 20-25°C. Снижение урожайности достигает 15-30%. При альтернариозе поражаются листья, стебли и клубни картофеля. На листьях появляются пятна различного размера, округлой или треугольной формы, темно-коричневого цвета. На стеблях появляются светло-коричневые продолговатые язвы. Сначала пораженная часть листа высыхает и становится дырчатой, затем полностью засыхает листовая пластинка. Отмечается преждевременное высыхание ботвы.

Возбудители фузариоза – грибы *Fusarium oxysporum* Schl., *F. solani*. Поскольку возбудитель фузариозной болезни является почвенным патогеном, заражение растения начинается с момента прорастания клубня. Основными признаками заболевания являются пожелтение и более медленный рост верхней части растения по сравнению со здоровым растением. Фузариоз проявляется на картофеле в фазу цветения. При фузариозном увядании поражаются все подземные и надземные части растения. При непринятии мер по борьбе с фузариозом урожайность может снизиться на 15-25%. Как правило, рекомендуется применение системных фунгицидов.

Возбудитель фитофтороза – оомицет *Phytophthora infestans*; при эпифитотии урожай снижается на 25-30%. Поражаются все органы растения и клубни. Температура воздуха 16-20°C, влажность 85-100%, частые осадки, наличие туманов и выпадение росы считаются благоприятными условиями для развития заболевания. В годы с прохладной и дождливой весной раннеспелый картофель сильно поражается этим заболеванием. Наряду с мероприятиями по предотвращению распространения фитофтороза большое значение имеют внесение в почву минеральных удобрений – фосфора и калия в повышенных дозах, применение микроэлемента меди, использование устойчивых к заболеванию сортов, окучивание до смыкания ботвы, удаление ботвы перед уборкой урожая, кратковременное подсушивание клубней перед закладкой на хранение и их обработка протравителями перед посадкой.

В таблице приведена информация о распространении грибных заболеваний в Амударьинском, Чимбайском и Нукусском районах Республики Каракалпакстан. Из приведенных данных видно, что альтернариоз сильнее, чем другие заболевания, поражает картофель в период вегетации.

**Распространение заболеваний картофеля во время вегетации  
в условиях Республики Каракалпакстан (усредненные данные, сорт Досим палак, 2025 г.)**

| Район               | Фузариозное увядание | Альтернариоз | Фитофтороз |
|---------------------|----------------------|--------------|------------|
| Амударьинский район | 22,5                 | 24,3         | 18,3       |
| Нукусский район     | 18,2                 | 25,8         | 17,5       |
| Чимбайский район    | 16,4                 | 22,0         | 16,8       |

В борьбе с грибными заболеваниями картофеля необходимо правильное применение агротехнических мероприятий, своевременное внесение питательных элементов, использование качественного семенного материала. Хорошие результаты дает использование биопрепаратов [1, 2].

Trichodermin n.kuk – эффективный биологический протравитель семенных клубней против фузариоза. При концентрации  $6 \times 10^9$  КОЕ/мл с обработкой 0,2 л/т биологическая эффективность на сорте Сантэ составила 77,5-79,0%, на сорте Досим палак 75,3-77,4%.

В отношении альтернариоза эффективным фунгицидом показал себя Orgamika S. При применении препарата 2,0 л/га биологическая эффективность на сорте Сантэ составила 79,3-81,0%, на сорте Досим палак – 78,6-80,2%.

**Заключение.** В борьбе с болезнями картофеля, встречающимися в вегетационный период, рекомендуется применять агротехнические мероприятия и использовать зарегистрированные химические и биологические средства защиты растений для снижения вреда от болезни.

**Заявление о конфликте интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### Литература

1. Петров В.Б., Чеботарь В.К. Микробиологические препараты в практическом растениеводстве России: функции, эффективность, перспективы // Рынок АПК, 2009, № 7. – С. 16-18.
2. Штерншис М.В., Беляев А.А., Цветкова В.П., Шпатов Т.В., Лесяк А.А., Бахвалов С.А. Биопрепараты на основе бактерий рода *Bacillus* для управления здоровьем растений. – Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2016. – 233 с.

## ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ГРИБОВ РОДА *FUSARIUM* ИЗ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ, ВЫРАЩЕННОГО В РЕСПУБЛИКЕ БЕНИН (ЗАПАДНАЯ АФРИКА)

Е.М. Чудинова<sup>1</sup>, С. Диаките<sup>1</sup>, Г. Осей<sup>1</sup>, Б. Норку<sup>1</sup>, Г. Бенсон-Обенг<sup>1</sup>, А.С. Еланский<sup>1</sup>,  
Д.Н. Скоков<sup>1</sup>, А.А. Цинделиани<sup>1</sup>, Е.Н. Пакина<sup>1</sup>, С.Н. Еланский<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, Москва

<sup>2</sup>Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва

e-mail: chudinova\_em@pfur.ru

**Аннотация.** Проведен анализ видового разнообразия и биологических свойств штаммов *Fusarium* spp., выделенных из клубней картофеля с симптомами сухой гнили, выращенных в Республике Бенин. Проанализированы последовательности ДНК участка ITS1–5.8S–ITS2 и части гена фактора элонгации трансляции *1α* (*tef 1α*). Выявлены виды *Fusarium glycines*, *F. falciforme*, *F. noneumartii*, *F. solani*, *F. tardicrescens*, *F. transvaalense*. Виды *F. tardicrescens* и *F. transvaalense* обнаружены на картофеле впервые. Три штамма были одинаковы между собой и наиболее близки к виду *F. gossypinum*, однако их точная видовая принадлежность нуждается в дополнительной проверке. Тест на питательной среде с добавлением фунгицида показал, что проанализированные штаммы оказались восприимчивы к фунгицидам тиабендазол (EC<sub>50</sub>: 0,5–2,3 мг/л; EC<sub>90</sub>: 0,9–9 мг/л) и дифеноконазол (EC<sub>50</sub>: 0,1–10,9 мг/л; EC<sub>90</sub>: 7–46 мг/л). Анализ патогенности был выполнен на ломтиках клубней и на целых клубнях картофеля при температурах +10°C и +25°C. Выявлены межштаммовые различия в скорости роста на тканях картофеля. В тестах на клубнях два штамма из комплекса *F. oxysporum* и один штамм *F. solani* активно развивались как при +10°C, так и при +25°C. Остальные штаммы при температуре +10°C росли крайне медленно.

**Ключевые слова:** сухая гниль, фузариоз, хранение картофеля, болезни картофеля, *Fusarium*.

## SPECIES DIVERSITY OF FUNGI ISOLATED FROM POTATO TUBERS GROWN IN BENIN

Е.М. Chudinova<sup>1</sup>, S. Diakite<sup>1</sup>, G. Osei<sup>1</sup>, B. Norku<sup>1</sup>, G. Benson-Obeng<sup>1</sup>, A.S. Elansky<sup>1</sup>,  
D.N. Skokov<sup>1</sup>, A.A. Tsindeliiani<sup>1</sup>, E.N. Pakina<sup>1</sup>, S.N. Elansky<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, e-mail: chudinova\_em@pfur.ru

<sup>2</sup>Lomonosov Moscow State University, Moscow

**Abstract.** An analysis of the species diversity and biological properties of *Fusarium* spp. strains isolated from potato tubers exhibiting dry rot symptoms grown in the Republic of Benin was conducted. DNA sequences of the ITS1–5.8S–ITS2 region and the translation elongation factor *1α* (*tef 1α*) gene were analyzed. The following species were identified: *Fusarium glycines*, *F. falciforme*, *F. noneumartii*, *F. solani*, *F. tardicrescens*, and *F. transvaalense*. *F. tardicrescens* and *F. transvaalense* were detected on potatoes for the first time. Three strains were identical and most closely related to *F. gossypinum*; however, their exact species assignment requires further verification. A test on a nutrient medium with the addition of a fungicide showed that the analyzed strains were susceptible to the fungicides thiabendazole (EC<sub>50</sub>: 0.5–2.3 mg/l; EC<sub>90</sub>: 0.9–9 mg/l) and difenoconazole (EC<sub>50</sub>: 0.1–10.9 mg/l; EC<sub>90</sub>: 7–46 mg/l). Pathogenicity analysis was performed on tuber slices and on whole potato tubers at temperatures of +10°C and +25°C. Interstrain differences in growth rate on potato tissue were revealed. In tests on tubers, two strains from the *F. oxysporum* species complex and one *F. solani* strain developed actively both at +10°C and +25°C. The remaining strains grew extremely slowly at a temperature of +10°C.

**Keywords:** dry rot, fusarium, potato storage, potato diseases, *Fusarium*.

Картофель – любимый продукт во многих странах мира, в том числе и в Африке, где его выращивают во всех регионах, где среднесуточная температура не превышает +25°C. Больше всего картофеля производят в странах Северной Африки (Египте, Алжире и Марокко), на Западную Африку, куда входит Бенин, приходится 8% от общего объема производства [1]. Без надлежащей системы защиты потери урожая картофеля от болезней и вредителей очень высоки. Среди возбудителей грибных болезней картофеля наиболее вредоносными являются представители родов *Fusarium*, *Boeremia*, *Alternaria*, а также виды *Colletotrichum coccodes*, *Helminthosporium solani*, *Rhizoctonia solani* [2, 3]. В зависимости от региона видовой состав микобиоты клубней может значительно варьировать, что необходимо учитывать при планировании защитных мероприятий.

**Цель работы** – исследовать штаммы грибов, выделенные из клубней картофеля, выращенных в Бенине, определить их видовую принадлежность, патогенность, устойчивость к фунгицидам дифеноконазол и тиабендазол.

**Материалы и методы.** Клубни картофеля с признаками грибных поражений тщательно отмывали в проточной воде, поверхностно стерилизовали 70% этиловым спиртом, после чего разрезали через место видимого поражения. На границе больной и здоровой ткани с помощью скальпеля отбирали кусочек ткани и помещали на питательную среду картофельно-глюкозный агар (КГА) с добавлением пенициллина (бензилпенициллина натриевая соль, 1000 ед/мл). Видовую принадлежность выделенных в чистые культуры штаммов определяли с помощью секвенирования участков рибосомных генов (ITS1–5.8S–ITS2, далее ITS) по праймерам ITS5–ITS4 [4] и участка гена фактора элонгации трансляции 1 $\alpha$  (*tefla*) по праймерам EF1 – EF2 [5].

Анализ патогенности проводили по принятой в нашей лаборатории методике на ломтиках клубней картофеля сорта Гала [6] и на целых клубнях. Клубни стерилизовали 5% гипохлоритом натрия в течение 5 мин., промывали проточной водой, высушивали, помещали в контейнер, сверлом делали отверстие глубиной 5 мм в клубне на стороне, обращенной вверх, в отверстие закладывали агаровый блок размером 5 x 5 мм с мицелием семидневной культуры гриба. При тесте на ломтиках клубни нарезают на ломтики толщиной 7 мм, помещали во влажную камеру, в центр ломтика помещали блок с мицелием. Тестирование на клубнях проводили при температурах +10°C и +25°C. Результаты (диаметр очага поражения в мм) учитывали на 7 день на ломтиках картофеля и на 30 день на целых клубнях. Результаты измерений на трех повторностях усредняли.

Тестирование на устойчивость к фунгицидам дифеноконазол и тиабендазол проводили на питательной среде КГА с добавлением разных концентраций фунгицида. Перед разливом по чашкам в остуженную расплавленную среду добавляли содержащий тиабендазол препарат Имикар КС для получения конечной концентрации тиабендазола в среде 1, 10 и 100 мг/л или содержащий дифеноконазол препарат Скор КЭ, для получения конечной концентрации дифеноконазола в среде 0,1, 1 и 10 мг/л. В качестве контроля использовали среду без добавления фунгицидов. Среду разливали по чашкам Петри. В центр чашки помещали блок агара с мицелием 7-дневной культуры тестируемого гриба. Инкубировали при температуре 25°C в темноте до момента, когда колония гриба на контроле занимала 60-70% чашки Петри. После инкубации измеряли диаметры колоний. Для каждой концентрации фунгицида использовали 3 чашки со средой. На основании замеренных диаметров рассчитывали значения ЕС<sub>50</sub> (концентрация фунгицида, которая уменьшает диаметр колонии гриба в 2 раза относительно безфунгицидного контроля) и ЕС<sub>90</sub> (концентрация фунгицида, которая уменьшает диаметр колонии гриба на 90%).

**Результаты и обсуждение.** Образцы, отобранные из привезенной из Бенина партии клубней картофеля, были сильно поражены сухой гнилью. Из клубней были выделены в чистые культуры 14 изолятов *Fusarium* spp. С помощью анализа культурально-морфологических признаков и последовательностей ДНК участка ITS и гена *tefla* были выявлены виды из 3 видовых комплексов: *Fusarium transvaalense* из видового комплекса *F. sambucinum* (FSamSC), *F. falciforme*, *F. noneumartii*, *F. solani* из видового комплекса *F. solani* (FSSC), *F. glycines*, *F. tardicrescens* из видового комплекса *F. oxysporum* (FOSC) (табл. 1). Штаммы 24BePT266, 24BePT267, 24BePT272 были одинаковы между собой и наиболее близки к виду *F. gossypinum* из комплекса FOSC (референтная последовательность MN484998), однако их точная видовая принадлежность нуждается в дополнительной проверке. Штамм 24BePT265 по последовательности *tefla* отличался от референтных штаммов, по-видимому, он принадлежит к новому виду. У штаммов 24BePT262 и 24BePT273 не удалось амплифицировать последовательность *tefla*, хотя было предпринято несколько попыток. Используемый для сравнения участок ITS позволил идентифицировать эти штаммы только до видового комплекса FOSC.

Виды *F. glycines*, *F. solani* и *F. falciforme* были ранее нами обнаружены на клубнях картофеля в Мали [7], *F. noneumartii* был отмечен в России и в Центральной Азии (неопубликованные данные). Виды *F. tardicrescens* и *F. transvaalense* обнаружены на картофеле впервые.

Все изоляты проверили на чувствительность к фунгицидам тиабендазол и дифеноконазол. Чувствительность изолятов к обоим исследованным фунгицидам варьировала, но в целом высокоустойчивых изолятов к этим грибам не было выявлено (табл. 2). Показатель ЕС<sub>50</sub> восприимчивости к тиабендазолу варьировал в пределах 0,5-2,3 мг/мл; ЕС<sub>90</sub> – 0,9-9 мг/мл; ЕС<sub>50</sub> к дифеноконазолу колебалась в интервале 0,1-10,9 мг/мл; ЕС<sub>90</sub> – 7-46 мг/мл. Повышенную устойчивость к дифеноконазолу проявили *F. glycines*, *F. falciforme*, *F. noneumartii*, *F. solani*. Повышенной устойчивостью к тиабендазолу отличались неопределенные до вида штаммы из комплекса FOSC: 24BePT262, 24BePT265, 24BePT266.

Тестирование патогенности изолятов проводили на ломтиках картофеля и на целых клубнях при двух разных температурах. Все анализируемые штаммы показали способность колонизировать ткани клубня картофеля. Тесты на клубнях и на ломтиках клубня в целом показали сходные результаты (табл. 3). При температуре +10°C большинство изолятов практически не развивалось. Некоторые изоляты отличались повышенной скоростью роста. В тестах на клубнях картофеля штаммы 24BePT266, 24BePT273 и 24BePT274

## 1. Изоляты грибов, проанализированные в работе

| Название штамма | Видовой комплекс | Видовая принадлежность  | Номера последовательностей в базе Genbank NCBI |              |
|-----------------|------------------|-------------------------|------------------------------------------------|--------------|
|                 |                  |                         | ITS                                            | <i>tefla</i> |
| 24BePT270       | FOSC             | <i>F. glycines</i>      | PX396668                                       | PX399117     |
| 24BePT262       | FOSC             | <i>Fusarium</i> sp.     | PX402248                                       | —            |
| 24BePT265       | FOSC             | <i>Fusarium</i> sp.     | PX402249                                       | PX399121     |
| 24BePT266       | FOSC             | <i>Fusarium</i> sp.*    | PX402250                                       | PX399122     |
| 24BePT267       | FOSC             | <i>Fusarium</i> sp.*    | PX402251                                       | PX399123     |
| 24BePT272       | FOSC             | <i>Fusarium</i> sp.*    | PX402252                                       | PX399124     |
| 24BePT273       | FOSC             | <i>Fusarium</i> sp.     | PX402253                                       | —            |
| 24BePT261       | FOSC             | <i>F. tardicrescens</i> | PX396679                                       | PX399125     |
| 24BePT269       | FOSC             | <i>F. tardicrescens</i> | PX396680                                       | PX399126     |
| 24BePT268R      | FSamSC           | <i>F. transvaalense</i> | PX396819                                       | PX399115     |
| 24BePTY         | FSamSC           | <i>F. transvaalense</i> | PX396820                                       | PX399114     |
| 24BePT268W      | FSSC             | <i>F. falciforme</i>    | —                                              | PX399116     |
| 24BePT264       | FSSC             | <i>F. noneumartii</i>   | PX396821                                       | PX399118     |
| 24BePT274       | FSSC             | <i>F. solani</i>        | PX396822                                       | PX399120     |

\* штаммы 24BePT266, 24BePT267, 24BePT272 одинаковы между собой и наиболее близки к виду *F. gossypinum*.

2. Устойчивость изолятов *Fusarium* spp. к дифеноконазолу и тиabendазолу

| Название штамма | Видовая принадлежность        | Устойчивость к дифеноконазолу, мг/л |                  | Устойчивость к тиabendазолу, мг/л |                  |
|-----------------|-------------------------------|-------------------------------------|------------------|-----------------------------------|------------------|
|                 |                               | EC <sub>50</sub>                    | EC <sub>90</sub> | EC <sub>50</sub>                  | EC <sub>90</sub> |
| 24BePT270       | <i>Fusarium glycines</i>      | 10                                  | 26,9             | 0,6                               | 0,9              |
| 24BePT262       | <i>Fusarium</i> sp. (FOSC)    | 0,34                                | 7                | 1,6                               | 8,8              |
| 24BePT265       | <i>Fusarium</i> sp. (FOSC)    | 0,8                                 | 4,9              | 2,8                               | 8                |
| 24BePT266       | <i>Fusarium</i> sp. (FOSC)    | 1,9                                 | 20,6             | 2                                 | 9,0              |
| 24BePT267       | <i>Fusarium</i> sp. (FOSC)    | 0,3                                 | 9,4              | 0,5                               | 8,8              |
| 24BePT272       | <i>Fusarium</i> sp. (FOSC)    | 0,9                                 | 19,3             | 0,5                               | 1                |
| 24BePT273       | <i>Fusarium</i> sp. (FOSC)    | 0,1                                 | 45,2             | 0,5                               | 0,9              |
| 24BePT261       | <i>Fusarium tardicrescens</i> | 0,5                                 | 8,5              | 2,3                               | 9,4              |
| 24BePT269       | <i>Fusarium tardicrescens</i> | 0,8                                 | 23,7             | 0,5                               | 6,0              |
| 24BePT268R      | <i>Fusarium transvaalense</i> | 4,4                                 | 19,7             | 0,7                               | 0,9              |
| 24BePTY         | <i>Fusarium transvaalense</i> | 3,31                                | 19               | 0,5                               | 7,1              |
| 24BePT268W      | <i>Fusarium falciforme</i>    | 9,4                                 | 42,8             | 0,6                               | 6,2              |
| 24BePT264       | <i>Fusarium noneumartii</i>   | 10,9                                | 46               | 0,6                               | 8,7              |
| 24BePT274       | <i>Fusarium solani</i>        | 7,1                                 | 24,3             | 0,7                               | 0,9              |

## 3. Тест на патогенность на ломтиках картофеля и на целых клубнях картофеля

| Название штамма | Видовая принадлежность        | Диаметр очага поражения*, мм |                       |       |
|-----------------|-------------------------------|------------------------------|-----------------------|-------|
|                 |                               | Тест на ломтиках клубня      | Тест на целых клубнях |       |
|                 |                               |                              | +25°C*                | +10°C |
| 24BePT270       | <i>Fusarium glycines</i>      | 7,8                          | 8,5                   | 2,5   |
| 24BePT262       | <i>Fusarium</i> sp. (FOSC)    | 4                            | 3                     | 2     |
| 24BePT265       | <i>Fusarium</i> sp. (FOSC)    | 3                            | 3                     | 2     |
| 24BePT266       | <i>Fusarium</i> sp. (FOSC)    | 14                           | 20                    | 6     |
| 24BePT267       | <i>Fusarium</i> sp. (FOSC)    | 4                            | 3                     | 3     |
| 24BePT272       | <i>Fusarium</i> sp. (FOSC)    | 4,5                          | 3                     | 2     |
| 24BePT273       | <i>Fusarium</i> sp. (FOSC)    | 6,5                          | 23                    | 7     |
| 24BePT261       | <i>Fusarium tardicrescens</i> | 5                            | 3                     | 2     |
| 24BePT269       | <i>Fusarium tardicrescens</i> | 8,8                          | 7                     | 2     |
| 24BePT268R      | <i>Fusarium transvaalense</i> | 18,5                         | 4                     | 3     |
| 24BePTY         | <i>Fusarium transvaalense</i> | 4,6                          | 1                     | 2     |
| 24BePT268W      | <i>Fusarium falciforme</i>    | 6                            | 5                     | 2     |
| 24BePT264       | <i>Fusarium noneumartii</i>   | 24,8                         | 23                    | 2     |
| 24BePT274       | <i>Fusarium solani</i>        | 7,5                          | 17                    | 6     |

\* учет на ломтиках проводили на 7 сутки, на клубнях – на 30 сутки инкубации.



активно развивались как при +10°C, так и при +25°C. Штамм 24BePT266 активно развивался на ломтиках и на клубне при +25°C, но практически не рос при +10°C.

**Заключение.** В результате проведенной работы впервые изучены возбудители сухой гнили клубней картофеля в западноафриканской стране Республика Бенин. Уточнен видовой состав, определена патогенность в отношении клубней картофеля при разных температурах, исследована восприимчивость к популярным фунгицидам тиабендазол и дифеноконазол. Полученные данные позволяют сделать более эффективными защитные мероприятия при хранении клубней и при предпосадочной подготовке семенного материала.

**Заявление о конфликте интересов.**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Финансирование.**

Исследование выполнено при частичной поддержке Российского Научного Фонда (грант № 23-16-00048).

**Литература**

1. Muthoni J, Shimelis H. Chapter 24. An overview of potato production in Africa, Editor(s): Mehmet Emin Çalışkan, Allah Bakhsh, Khawar Jabran. Potato Production Worldwide, Academic Press, 2023. – P. 435-456. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822925-5.00020-7>
2. Скоков Д.Н., Цинделиани А.А., Хасбиуллина О.И. и др. Микобиота клубней картофеля, выращенных в Камчатском Крае // Микология и фитопатология, 2025, Т. 59(4). – С. 343-351. <http://dx.doi.org/10.31857/S0026364825040087>
3. Ганнибал Ф.Б., Полуэктова Е.В., Гагкаева Т.Ю. и др. Ассоциированные с картофелем микромицеты и их значимость как возбудителей болезней в России // Вестник защиты растений, 2024, Т. 107(4). – С. 148–164. <https://doi.org/10.31993/2308-6459-2024-107-4-16711>
4. White T.J., Bruns T., Lee S.J.W.T., Taylor J. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. In: PCR protocols: a guide to methods and applications, 1990, Vol. 18(1). – P. 315-322.
5. O'Donnell K., Kistler H.C., Cigelnik E., Ploetz R.C. Multiple evolutionary origins of the fungus causing Panama disease of banana: Concordant evidence from nuclear and mitochondrial gene genealogies // Proceedings of the National Academy of Sciences, 1998, V. 95. – P. 2044-2049.
6. Elansky A.S., Mislavskiy S.M., Chudinova E.M. et al. *Fusarium* species affecting potato tubers and tomato fruits in Uganda // Mikologiya i fitopatologiya, 2024 V. 58(2). – P. 161-172. <https://doi.org/10.31857/S0026364824020077>
7. Еланский А.С., Симбо Д., Еланский С.Н. и др. Грибы, ассоциированные с растениями картофеля и томата с симптомами грибных болезней в Республике Мали // Микология и фитопатология, 2025, Т. 59(5). – С. 416-426. <http://dx.doi.org/10.31857/S0026364825050072>

УДК 632.4.01/.08

DOI: 10.24412/1029-2551-2025-5-037s

## ВЛИЯНИЕ ОБРАБОТКИ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ ТИАБЕНДАЗОЛОМ НА РАЗВИТИЕ ГРИБНЫХ БОЛЕЗНЕЙ ПРИ ХРАНЕНИИ

Е.М. Чудинова<sup>1</sup>, А.А. Цинделиани<sup>1</sup>, Д.Н. Скоков<sup>1</sup>, Г.Л. Белов<sup>2</sup>, В.Н. Зейрук<sup>2</sup>, С.Н. Еланский<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Российский Университет Дружбы Народов, Москва, e-mail: chudinova\_em@pfur.ru

<sup>2</sup>ФИЦ картофеля имени А. Г. Лорха, Московская область

<sup>3</sup>Московский Государственный Университет имени М.В. Ломоносова, Москва

**Аннотация.** После 7 месяцев хранения на обработанных после уборки тиабендазолом клубнях не было выявлено развития фузариозной сухой гнили (возбудители – грибы рода *Fusarium*), но было отмечено поражение черной пятнистостью (возбудитель *Colletotrichum coccodes*) и серебристой паршой (возбудитель *Helminthosporium solani*). Анализ штаммов *H. solani*, выделенных после хранения с клубней, обработанных тиабендазол-содержащим препаратом, показал, что все штаммы отличались устойчивостью к тиабендазолу и имели мутацию в гене  $\beta$ -тубулина. Штаммы *C. coccodes* из обработанных препаратом клубней не имели мутаций в гене  $\beta$ -тубулина. Результаты проведенной работы показывают, что обработка тиабендазол-содержащими препаратами эффективна против сухой гнили, но слабоэффективна в отношении черной пятнистости и серебристой парши.

**Ключевые слова:** хранение картофеля, *Fusarium*, фузариозная сухая гниль клубня, черная пятнистость, серебристая парша, фунгицид.

# EFFECT OF TREATMENT OF POTATO TUBERS WITH THIABENDAZOLE ON THE DEVELOPMENT OF FUNGAL DISEASES DURING STORAGE

E.M. Chudinova<sup>1</sup>, A.A. Tsindeliani<sup>1</sup>, D.N. Skokov<sup>1</sup>, G.L. Belov<sup>2</sup>, V.N. Zeyruk<sup>2</sup>, S.N. Elansky<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, e-mail: chudinova\_em@pfur.ru

<sup>2</sup>Federal Potato Research Center, Kraskovo, Moscow Region, Russia

<sup>3</sup>Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

**Abstract.** After 7 months of storage, tubers treated with thiabendazole after harvesting showed no development of *Fusarium* dry rot but were affected by black spot (caused by *Colletotrichum coccodes*) and silver scurf (caused by *Helminthosporium solani*). Analysis of *H. solani* strains isolated from thiabendazole-treated tubers after storage showed that all strains were resistant to thiabendazole and had a mutation in the  $\beta$ -tubulin gene. *C. coccodes* strains from thiabendazole-treated tubers did not have mutations in the  $\beta$ -tubulin gene. Results of the study show that treatment with thiabendazole-containing preparations is effective against dry rot but is weakly effective against black spot and silver scurf.

**Keywords:** potato storage, *fusarium*, *Fusarium*, dry rot of tuber, black spot, silver scurf, potato diseases.

Поражения, вызванные фитопатогенными грибами, – одна из главных проблем при хранении картофеля. Соблюдение температурного режима, поддержание оптимальной влажности и вентилирования помогают затормозить развитие грибных инфекций. Обработка фунгицидными препаратами может не только повысить лежкость картофеля, но и способствовать лучшему развитию растений из сохраненного семенного материала. Препараты на основе фунгицида тиабендазол ([2-(4-тиазолил)-1Н-бензимидазол, C10H7N3S], относится к классу бензимидазолов) разрешены для обработки продовольственного и семенного картофеля перед закладкой на хранение и перед посадкой [1] и прекрасно зарекомендовали себя в контроле фитопатогенных грибов. Тиабендазол связывается с белком бета-тубулином и препятствует полимеризации микротрубочек, нарушает формирование митотического веретена деления, что приводит к замедлению роста или даже гибели гриба. Точечная мутация, приводящая к замене аминокислоты, может нарушить аффинность  $\beta$ -тубулина к тиабендазолу и у гриба развивается устойчивость [2]. В России выявлены высокоустойчивые штаммы возбудителя серебристой парши картофеля *Helminthosporium solani*, несущие мутации в 198 и 200 кодонах гена  $\beta$ -тубулина [3, 4]. Согласно классификации Fungal Resistance Action Committee (FRAC) тиабендазол относится к фунгицидам с высоким риском появления устойчивых штаммов (<https://www.frac.info/media/kufnaceb/frac-code-list-2024.pdf>).

**Цель работы** – оценить влияние обработки клубней картофеля тиабендазол-содержащим препаратом перед закладкой на хранение на развитие фузариозной сухой гнили, черной пятнистости и серебристой парши, а также на появление устойчивости к препарату у возбудителей этих болезней.

**Материалы и методы.** Эксперимент проводили в картофелехранилище ФИЦ картофеля им А.Г. Лорха в период с октября 2021 г. по апрель 2022 г. Для анализа были взяты клубни сорта Сантэ категории элита, выращенные на поле ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха (пос. Коренево), посаженные местным семенным материалом. Для теста отбирали клубни среднего размера, не имеющие видимых очагов болезни или механических повреждений. Обработку клубней перед закладкой на хранение проводили препаратом Имикар, КС (содержание тиабендазола – 80 г/л). В препарат Имикар, КС также входит инсектицид имидаклоприд, но, согласно нашим исследованиям, он не оказывает влияния на рост грибов. Для обработки 5 кг клубней (приблизительно 100 шт.) использовали 50 мл раствора препарата Имикар, КС (5,6 мл препарата на 100 мл воды) или воду (контроль). Обработанный картофель запаковывали в сетки, которые помещали в насыпь клубней хранилища на глубину около 0,5 м, где он хранился в течение 7 месяцев. После периода хранения клубни картофеля мыли проточной водой, сушили и осматривали под бинокуляром (Leica M80). Учитывали клубни с проявлениями грибных болезней. Клубни с хорошо выраженными симптомами грибного поражения закладывали во влажные камеры и через 2-5 суток инкубации выделяли грибы на среду картофельно-глюкозный агар (КГА) с добавлением пенициллина (бензилпенициллина натриевая соль, 1000 ед/мл).

Определение видовой принадлежности выделенных грибных изолятов проводили культурально-морфологическими методами. Для оценки размеров и морфологии спор, органов полового и бесполого спороношения, структуры мицелия использовали световой микроскоп Leica DM2500 с цифровой камерой ICC50 HD и бинокулярный микроскоп Leica M80 с цифровой камерой IC80HD (Leica Microsystems, Германия).

Последовательность нуклеотидов гена  $\beta$ -тубулин амплифицировали с помощью праймеров SS-for AGCATAGGCTGATGCTCGT; SS-rev ACCTTACCACGGAAGATACCAC [5]. Выделение ДНК, проведение ПЦР, очистку ДНК проводили как описано в [3]. Полученный ПЦР-продукт очищали и секвенировали в ООО Евrogen.

Оценку устойчивости штаммов грибов к тиabendазолу проводили в чашках Петри с питательной средой КГА, в которую добавляли препарат Имикар, КС для создания конечной концентрации тиabendазола в среде 1, 10 и 100 мг/л. В качестве контроля использовали среду без добавления фунгицида. Исследуемый изолят высевали в центр чашки Петри и инкубировали при температуре 24°C в темноте. Через 7-14 суток, когда диаметр колонии на контроле достигал 50-70 мм, проводили замер двух взаимно перпендикулярных диаметров каждой колонии, которые затем усредняли. По результатам анализов рассчитывали показатели ЕС<sub>50</sub> и ЕС<sub>90</sub>, равные концентрациям фунгицида, снижающим скорость радиального прироста колонии относительно безфунгицидного контроля на 50 и 90% соответственно. Значения ЕС<sub>50</sub> и ЕС<sub>90</sub> рассчитывали методом линейной аппроксимации между двумя реперными точками с известными значениями.

**Результаты и обсуждение.** Сухая фузариозная гниль была обнаружена в 2% клубней из контрольного варианта. В вариантах с обработкой тиabendазолом не было выявлено клубней с признаками фузариозов. Высокая эффективность тиabendазола в отношении *Fusarium* spp. была подтверждена и в наших экспериментах на питательной среде: для большинства штаммов показатели ЕС<sub>50</sub> и ЕС<sub>90</sub> не превышали 10 мг/л (неопубликованные данные).

Возбудитель черной пятнистости клубней *Colletotrichum coccodes* был обнаружен на 3% клубней в контрольной и опытной партиях. Ранее было показано, что после обработки тиabendазолом колонии *C. coccodes* продолжают медленно расти на среде; гриб имеет высокий показатель ЕС<sub>90</sub> [6], что позволило ему развиваться на обработанных клубнях. Из обработанных тиabendазолом клубней после периода хранения были выделены 2 изолята *C. coccodes*. Анализ последовательности ДНК гена β-тубулина (номера депонирования в базе NCBI GenBank OQ160287 и OQ160288) не выявил отличий от штаммов, выделенных из клубней перед закладкой на хранение (таблица).

Серебристая парша (возбудитель *Helminthosporium solani*) была обнаружена на всех клубнях в контрольном варианте и на 44% клубней из партии, обработанной тиabendазолом. Чтобы сравнить устойчивость к тиabendазолу, было выделено в чистые культуры 14 штаммов *H. solani* из обработанных тиabendазолом клубней, и 8 штаммов *H. solani* из необработанных. Все штаммы, выделенные из обработанных клубней после хранения, проявили устойчивость к тиabendазолу (ЕС<sub>50</sub> 11-103 мг/л; ЕС<sub>90</sub> 78-200 мг/л) (таблица). Штаммы, выделенные из необработанных клубней контрольной партии, оказались чувствительны (ЕС<sub>50</sub> 0,5-5,0 мг/л; ЕС<sub>90</sub> 7-9 мг/л). Сиквенсы всех проанализированных чувствительных штаммов были идентичны, один из сиквентов был депонирован в базу NCBI GenBank под номером PX251683. Подобный уровень восприимчивости к фунгициду соответствует наблюдавшемуся у полевых изолятов, не несущих мутацию в гене β-тубулина [3, 4].

**Устойчивость к тиabendазолу штаммов *Helminthosporium solani*, выделенных из обработанных тиabendазолом клубней**

| Штамм      | Вид, откуда выделен                                       | ЕС <sub>50</sub> ,<br>мг/л | ЕС <sub>90</sub> ,<br>мг/л | Номер последовательности<br>гена β-тубулина в Genbank<br>NCBI | Наличие<br>мутации |
|------------|-----------------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------------------------------|--------------------|
| H22tiab    | <i>H. solani</i> с обработанных тиabendазолом клубней     | 43,8                       | 78                         | PX136777                                                      | +                  |
| H22tiab1   |                                                           | 108,4                      | 187                        | PX136778                                                      | +                  |
| H22tiab2   |                                                           | 46,6                       | 107                        | OQ160278                                                      | +                  |
| H22tiab3   |                                                           | 12,3                       | 85                         | OQ160279                                                      | +                  |
| H22tiab5   |                                                           | 92,5                       | 158                        | PX136780                                                      | +                  |
| H22tiab6   |                                                           | 65                         | 114                        | OQ160280                                                      | +                  |
| H22tiab7   |                                                           | 39,3                       | 109                        | PX136781                                                      | +                  |
| H22tiab8   |                                                           | 31                         | 89                         | PX136782                                                      | +                  |
| H22tiab9   |                                                           | 40,4                       | 88                         | PX136783                                                      | +                  |
| H22tiab10  |                                                           | 11                         | 83                         | PX136784                                                      | +                  |
| H22tiab11  |                                                           | 37,5                       | 87                         | PX136785                                                      | +                  |
| H22tiab12  |                                                           | 57,1                       | 120                        | PX136786                                                      | +                  |
| H22tiab16  |                                                           | 96,5                       | 193                        | PX136787                                                      | +                  |
| H22tiab17  |                                                           | 103,5                      | 200                        | PX136788                                                      | +                  |
| H22PT5     | <i>H. solani</i> , с необработанного тиabendазолом клубня | 0,8                        | 7,1                        | PX251683                                                      | –                  |
| C22tiab1_1 | <i>C. coccodes</i> с обработанного тиabendазолом клубня   | 7,0                        | >100                       | OQ160287                                                      | –                  |
| C22tiab1_2 |                                                           | 7,3                        | >100                       | OQ160288                                                      | –                  |

Поскольку за устойчивость к тиабендазолу отвечает мутация в гене  $\beta$ -тубулина, мы решили проверить наличие мутаций у штаммов с повышенным уровнем устойчивости, выделенных из обработанных тиабендазолом клубней. Во всех устойчивых штаммах *H. solani* была зарегистрирована мутация в 198 кодоне с заменой глутаминовой кислоты на глутамин. Мутация в 198 кодоне с возникновением устойчивости к тиабендазолу и некоторым другим фунгицидам из группы бензимидазолов ранее была найдена как у *H. solani* [4, 5], так и у целого ряда других фитопатогенных грибов [7, 8].

**Заключение.** Результаты проведенной работы показывают, что обработка тиабендазол-содержащими препаратами эффективна против грибов рода *Fusarium* (возбудители сухой гнили), но слабоэффективна в отношении *Colletotrichum coccodes* (возбудитель черной пятнистости) и *Helminthosporium solani* (возбудитель серебристой парши).

#### Финансирование.

Исследование выполнено при поддержке Российского Научного Фонда (грант № 23-16-00048).

#### Литература

1. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. Часть I. Пестициды. – М.: Министерство сельского хозяйства, 2025.
2. Davidse L.C., and Flach W. Differential binding of benzimidazol-2-yl carbamate to fungal tubulin as a mechanism of resistance to this antimitotic agent in mutant strains of *Aspergillus nidulans* // J. Cell. Biol., 1977, V. 72. – P. 174-193.
3. Kutuzova I.A., Kokaeva L.Yu., Pobendinskaya M.A., Krutyakov Y.A. et al. Resistance of *Helminthosporium solani* strains to the fungicides applied for tuber treatment // Journal of Plant Pathology, 2017, V. 99(3). – P. 635-642. <http://dx.doi.org/10.4454/jpp.v99i3.3950>
4. Chudinova E.M., Kokaeva L.Yu., Elansky S.N., Kutuzova I.A. et al. The occurrence of thiabendazole-resistant isolates of *Helminthosporium solani* on potato seed tubers in Russia // Journal of Plant Diseases and Protection, 2020, V. 127. – P. 421-423. <http://dx.doi.org/10.1007/s41348-020-00313-1>
5. McKay G.J., and Cook L.R. A PCR-based method to characterize and identify benzimidazole resistance in *Helminthosporium solani* // FEMS Microbiol., 1997, V. 152. – P. 371-378.
6. Кутузова И.А., Григорович И.А., Побединская М.А., Белов Г.Л., Еланский С.Н. Устойчивость российских и европейских штаммов *Colletotrichum coccodes* к некоторым фунгицидам // Защита картофеля, 2015, Т. 1. – С. 30-34.
7. Koenraadt H., Somerville S.C., and Jones A.L. Characterization of mutations in the beta-tubulin gene of benomyl-resistant field strains of *Venturia inaequalis* and other plant pathogenic fungi // Phytopathology, 1992, V. 82. – P. 1348-1354.
8. Torres-Calzada C., Tapia-Tussell R., Higuera-Ciajara I., Martin-Mex R. et al. Sensitivity of *Colletotrichum truncatum* to four fungicides and characterization of thiabendazole-resistant isolates // Plant Disease, 2015, V. 99. – P. 1590-1595. <https://doi.org/10.1094/pdis-11-14-1183-re>

УДК 632.4.01/08: 632.931.1:633.63

DOI: 10.24412/1029-2551-2025-5-038s

## ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЧИСЛЕННОСТИ И БИОМАССЫ ПОЧВЕННЫХ ГРИБОВ В ПАХОТНОМ ГОРИЗОНТЕ СВЕКЛОВИЧНЫХ ПОЛЕЙ ЧЕРНОЗЕМЬЯ С РАЗНЫМИ ПРИЕМАМИ АГРОТЕХНИКИ

А.А. Шамин, О.И. Стогниенко

Всероссийский НИИ сахарной свеклы и сахара имени А.Л. Мазлумова, Воронежская область,  
e-mail: proet@mail.ru

**Аннотация.** Основная обработка почвы и фон удобренности пахотного горизонта влияют на распределение численности и биомассы почвенных грибов, в том числе фитопатогенных. Вспашка с оборотом пласта способствует перемещению микроскопических грибов из верхних слоев в нижние, поэтому распределение их численности и биомассы по слоям более плавное и, как следствие, распространенность гнилей меньше.

**Ключевые слова:** сахарная свекла, основная обработка почвы, фон удобренности, фитопатогенные почвенные грибы, биомасса почвенных грибов, болезни корневой системы сахарной свеклы.



# DISTRIBUTION OF QUANTITY AND BIOMASS OF SOIL FUNGI IN THE ARABLE HORIZON OF SUGAR BEET FIELDS OF THE CHERNOZEM REGION WITH DIFFERENT AGRICULTURAL PRACTICES

A.A. Shamin, O.I. Stognienko

A.L. Mazlumov All-Russian Research Institute of Sugar Beet, Voronezh region, e-mail: proet@mail.ru

**Abstract.** Main tillage and fertilization background affect the distribution of the number and biomass of soil fungi, including phytopathogenic ones, over the arable horizon. Plowing with layer turnover promotes the movement of microscopic fungi from the upper to the lower layers, so the distribution of their number and biomass over the layers is smoother and, as a result, the prevalence of rot is less.

**Keywords:** Sugar beet, main tillage, fertilization background, phytopathogenic soil fungi, biomass of soil fungi, rot of the root system of sugar beet.

**Введение.** Антропогенные факторы (обработка почвы, внесение органических и минеральных удобрений, полив, создание агроценозов, введение севооборотов) могут существенно влиять на состав и численность микроскопических грибов (микобиота) в почве. В свою очередь изучение почвенной микобиоты агроценозов играет большую роль в оптимизации и рационализации систем земледелия, методов защиты растений и способов возделывания культурных растений, в т.ч. сахарной свеклы [1-3].

**Материалы и методики.** Исследования проведены в паровом звене девятипольного стационарного севооборота. Рассмотрены три типа обработки почвы: глубокая зяблевая вспашка на 30-32 см, плоскорезная обработка почвы (30-32 см под свеклу и 20 см в остальных полях севооборота) и комбинированная обработка (глубокая зяблевая вспашка под свеклу и плоскорезная в остальных полях севооборота) и три фона удобрённости: без удобрений, средний фон удобрённости ( $N_{45}P_{45}K_{45} + 5,5$  т навоза на 1 га севооборотной площади), высокий фон удобрённости ( $N_{69}P_{69}K_{69} + 11$  т навоза на 1 га севооборотной площади) [4]. Объект исследований – почвенные грибы возбудители болезней корневой системы сахарной свеклы. Пробы почв отбирали с трех уровней пахотного слоя (0-10 см, 10-20 см, 20-30 см).

Отбор проб почвы проводили методом квадратов в 3 срока (май, июль, октябрь), в четырехкратной повторности [5]. Видовой состав, частоту встречаемости и обилие почвенных грибов определяли по Билай, 1980 [6]. Численности почвенных грибов определяли методом почвенного разведения в модификации Мирчинк (1988) [7] с высевом четвертого разведения на среды Чапека, кукурузный и почвенный агар.

**Результаты и обсуждение.** Исследования показали, что степень изменения и величина численности почвенных грибов различались в каждом варианте. На вариантах с отвальной вспашкой численность микобиоты была ниже, чем в вариантах с другими способами обработки. Численность микобиоты при отвальной вспашке изменялась более равномерно по уровням почвы, ее снижение происходило более плавно. Это объясняется тем, что при обработке плугом с оборотом пласта слои равномерно перемешиваются и численность грибов в них частично выравнивается.

При плоскорезном способе обработки численность микобиоты во всех обследованных слоях была выше, чем при других обработках. Снижение численности происходило более резко. На высоком фоне удобрённости этот перепад составил 212 тыс. КОЕ/г. Это связано с тем, что слои почвы практически не перемешиваются и основная масса грибов скапливается в слое 0-10 см. Средняя по горизонту численность на всех фонах удобрённости варьировала в пределах 323-327 тыс. КОЕ/г (рисунок) [7].

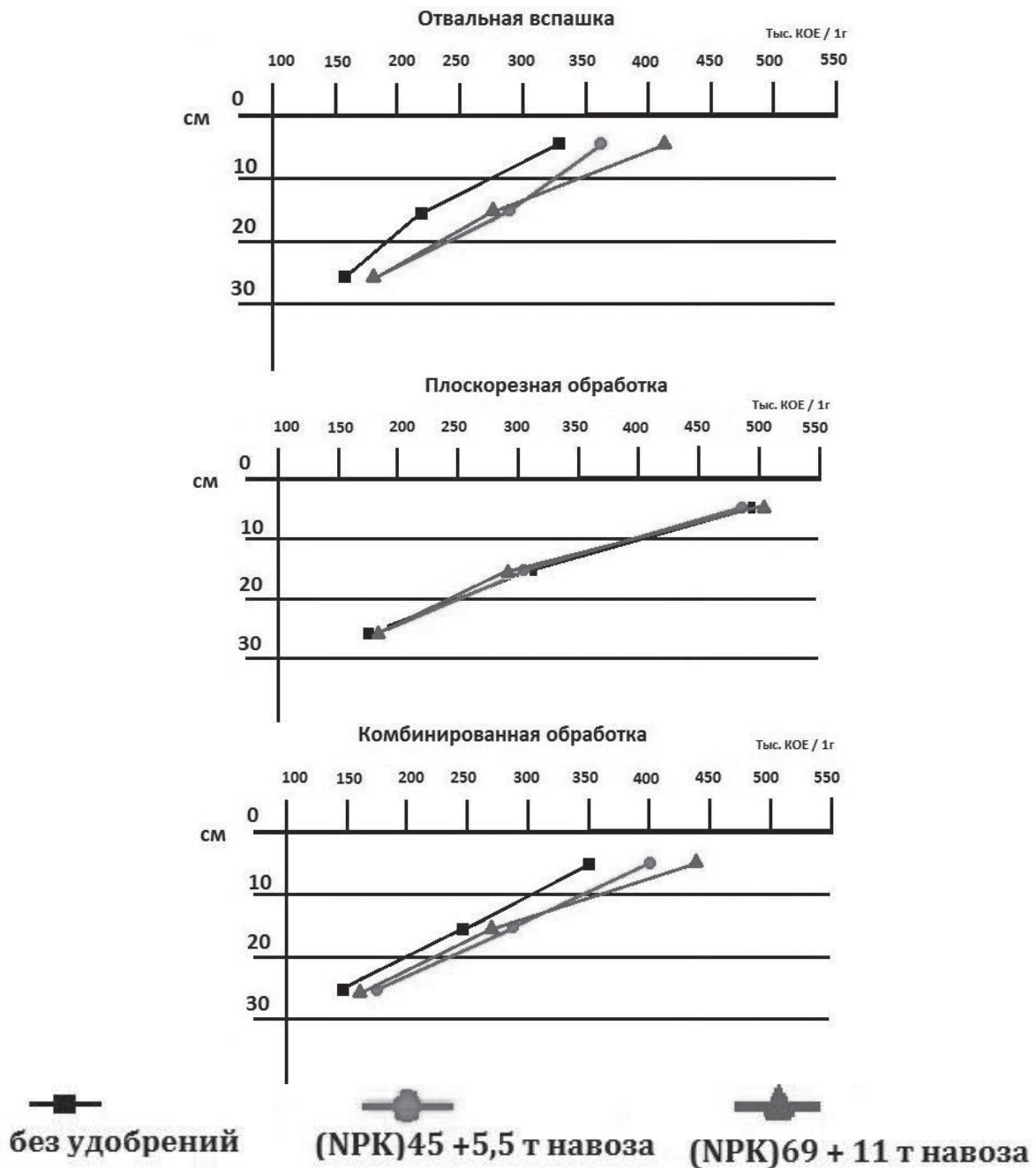
Варианты с комбинированной обработкой заняли промежуточное положение и по численности микобиоты и по характеру ее изменения. На них проявились свойства и отвальной вспашки и плоскорезной обработки.

Разрыв по численности грибов между верхним слоем почвы 0-10 см и средним 10-20 см характеризовался существенно большим перепадом по сравнению с перепадом между средним и нижним 20-30 см горизонтами. Так, на примере плоскорезной обработки отчетливо видно, что разница по численности между верхним слоем и средним слоем составляла в варианте с высоким фоном 212 тыс. КОЕ/г. Разрыв между средним и нижним слоями составлял – 140 тыс. КОЕ/г. Эта особенность важна, в том числе и потому, что указывает на оздоровительный эффект перемешивания верхнего и нижнего слоев почвы.

При каждом способе основной обработки почвы наибольшее различие по численности микобиоты между слоями наблюдалось на вариантах с высокими фонами удобрённости.

Помимо численности, биомасса почвенных микроорганизмов и характер ее распределения по почвенному профилю служат показателями степени антропогенного воздействия [4].

Данные по накоплению биомассы грибов в пахотном горизонте (глубина: 0-10, 10-20, 20-30 см) свидетельствуют о наличии зависимости биомассы мицелия и спор грибов от способов агротехники (табл. 1).



Изменение численности микобиоты в пахотном горизонте  
в зависимости от обработки и фона удобренности, тыс. КОЕ/г [7]

### 1. Биомасса мицелия и спор грибов в зависимости от способа основной обработки почвы и фона удобренности

| Способ основ-<br>ной обработки      | Фон удобренности                                      | Биомасса мицелия, м/г |          | Биомасса спор, м/г |          | Суммарная биомасса, м/г |          |
|-------------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------|----------|--------------------|----------|-------------------------|----------|
|                                     |                                                       | июль                  | сентябрь | июль               | сентябрь | июль                    | сентябрь |
| Отвальная<br>вспашка                | без удобрений                                         | 0,052                 | 0,055    | 2,275              | 3,253    | 2,327                   | 3,308    |
|                                     | N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub> +5,5т | 0,067                 | 0,063    | 2,454              | 3,183    | 2,521                   | 3,245    |
|                                     | N <sub>69</sub> P <sub>69</sub> K <sub>69</sub> +11т  | 0,070                 | 0,061    | 2,564              | 2,834    | 2,634                   | 2,895    |
| Плоскорезная<br>обработка           | без удобрений                                         | 0,067                 | 0,068    | 1,666              | 2,345    | 1,733                   | 2,413    |
|                                     | N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub> +5,5т | 0,073                 | 0,076    | 2,335              | 2,544    | 2,408                   | 2,621    |
|                                     | N <sub>69</sub> P <sub>69</sub> K <sub>69</sub> +11т  | 0,080                 | 0,080    | 2,943              | 3,083    | 3,023                   | 3,163    |
| Комбиниро-<br>ванная обра-<br>ботка | без удобрений                                         | 0,059                 | 0,055    | 2,704              | 2,933    | 2,763                   | 2,988    |
|                                     | N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub> +5,5т | 0,057                 | 0,052    | 3,033              | 3,003    | 3,090                   | 3,056    |
|                                     | N <sub>69</sub> P <sub>69</sub> K <sub>69</sub> +11т  | 0,068                 | 0,058    | 3,083              | 3,273    | 3,151                   | 3,331    |

При всех способах обработки почвы наблюдалось возрастание биомассы мицелия с увеличением фона удобренности. Внесенные органические, минеральные удобрения, растительные остатки (количество которых также увеличивается с увеличением фона удобренности) служат питательной средой для роста грибного мицелия.

При сравнении способов основной обработки почвы заметно, что при плоскорезной обработке биомасса мицелия была наибольшая (0,08 мг/г), что связано в том числе и с большим количеством растительных остатков. Биомасса спор, как и биомасса мицелия, возрастала с увеличением фона удобренности. В отличие от биомассы мицелия биомасса спор значительно возрастала в предуборочный период отбора проб, что объясняется изменением температурного режима и суммы выпадающих осадков к окончанию вегетации.

Плоскорезная обработка способствовала накоплению почвенных грибов в т.ч. и фитопатогенных видов в споровой форме. Такое влияние основной обработки во многом основывается на распределении грибной биомассы по профилю почвы. При поверхностной обработке почвы основная масса грибов остается в верхних горизонтах почвы (0-20 см = 0,082-0,085 мг/г) (табл. 2).

При вспашке с оборотом пласта грибы перемещаются в нижние горизонты, поэтому в верхних слоях биомасса мицелия снижается. При отвальной вспашке хорошо заметно, равномерное снижение биомассы мицелия от горизонта к горизонту от 0,073 до 0,050 (июль) и от 0,068 до 0,049 (сентябрь) во все периоды отбора проб. Биомасса спор при всех способах обработки и по всему профилю почвы увеличивается к окончанию периода вегетации.

Сравнение показателей распределения численности и биомассы микроскопических грибов по слоям почвы с распространенностью гнилей корнеплодов (табл. 3) на разных вариантах основной обработки почвы и фонах удобренности указывает на прямую связь между ними.

## 2. Биомасса мицелия и спор грибов в пахотном горизонте почв, мг/г

| Способ основной обработки | Горизонт почвы | Биомасса мицелия, мг/г |          | Биомасса спор, мг/г |          | Суммарная биомасса, мг/г |          |
|---------------------------|----------------|------------------------|----------|---------------------|----------|--------------------------|----------|
|                           |                | июль                   | сентябрь | июль                | сентябрь | июль                     | сентябрь |
| Отвальная вспашка         | 0 – 10         | 0,073                  | 0,068    | 1,9                 | 2,5      | 1,929                    | 2,543    |
|                           | 10 – 20        | 0,066                  | 0,061    | 2,0                 | 2,7      | 2,091                    | 2,745    |
|                           | 20 – 30        | 0,050                  | 0,049    | 3,4                 | 4,1      | 3,462                    | 4,160    |
| Плоскорезная обработка    | 0 – 10         | 0,085                  | 0,086    | 1,9                 | 2,2      | 1,990                    | 2,261    |
|                           | 10 – 20        | 0,082                  | 0,082    | 1,9                 | 2,2      | 2,018                    | 2,287    |
|                           | 20 – 30        | 0,053                  | 0,056    | 3,1                 | 3,6      | 3,156                    | 3,648    |
| Комбинированная обработка | 0 – 10         | 0,067                  | 0,063    | 2,5                 | 2,6      | 2,571                    | 2,648    |
|                           | 10 – 20        | 0,067                  | 0,062    | 2,8                 | 2,8      | 2,870                    | 2,906    |
|                           | 20 – 30        | 0,051                  | 0,040    | 3,5                 | 3,8      | 3,563                    | 3,821    |

## 3. Распространенность гнилей корнеплодов сахарной свеклы

| Обработка                 | Фон удобрений         | Без удобрений | N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub> + 5,5 т<br>навоза | N <sub>69</sub> P <sub>69</sub> K <sub>69</sub> + 11 т<br>навоза |
|---------------------------|-----------------------|---------------|-------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
|                           | Распространенность, % |               |                                                                   |                                                                  |
| Отвальная вспашка         |                       | 16,3          | 16,7                                                              | 20,0                                                             |
| Плоскорезная обработка    |                       | 24,1          | 21,7                                                              | 26,1                                                             |
| Комбинированная обработка |                       | 18,2          | 17,5                                                              | 23,5                                                             |

**Заключение.** Исследования показали, что при поверхностной обработке почвы (плоскорез) основная масса грибов остается (численность: 450-500 тыс. КОЕ/1 г абс. сух. почвы, биомасса: 0,08 мг/г) в верхних слоях почвы (0-20 см), там же где расположена основная часть корнеплода сахарной свеклы, что сказывается на самых высоких показателях распространенности болезни (21-26%) на этом варианте. При вспашке с оборотом пласта грибы перемещаются в нижние горизонты, поэтому в верхних слоях их численность и биомасса меньше, распределение по слоям более плавное, а распространенность гнилей наименьшая.

### Литература

1. Звягинцев Д.Г., Бабьева И.П., Зенова Г.М. Биология почв: учебник. 3-е изд., испр. и доп. – М.: Изд-во МГУ, 2005. – 445 с.
2. Полянская Л.М., Лукин С.М., Звягинцев Д.Г. Изменение состава микробной биомассы в почве при окультуривании // Почвоведение, 1997, № 2. – С. 206-212.
3. Шамин А.А. Формирование комплекса почвенной и ризосферной фитопатогенной микобиоты в агроценозе сахарной свеклы: дисс. к.с.-х.н.: 06.01.07. – Рамонь, 2014. – 221 с.
4. Никольников И.М., Боронтов О.К. Физико-химические свойства чернозема и продуктивность культур в системах основной обработки почвы в севообороте // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук, 2009, № 2. – С. 32-34.
5. Билай В.И. Микромицеты – компоненты почвенных биогеоценозов (фрагменты к экологии почвенных микромицетов) // Микромицеты почв. – Киев: Наукова думка, 1984. – С. 5-33.
6. Билай В.И. Основы общей микологии: Учеб. пособие для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. – Киев: Вища школа. Головное изд-во, 1980. – 360 с.
7. Мирчинк Т.Г., Бабьева В.П. Почвенная микология: учебник – М.: Изд-во МГУ, 1988. – 220 с.