



**Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«Всероссийский научно-исследовательский  
институт фитопатологии»  
(ФГБНУ ВНИИФ)**



**Фундаментальные и прикладные аспекты  
продовольственной безопасности**

**Сборник материалов  
VII Международной научно-практической конференции**

**р. п. Большие Вяземы, 6–7 октября 2025 года**



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ИНСТИТУТ ФИТОПАТОЛОГИИ»  
(ФГБНУ ВНИИФ)

# **ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

Сборник материалов VII Международной научно-практической конференции

р. п. Большие Вяземы, 6–7 октября 2025 года

Электронное текстовое издание

Санкт-Петербург  
Наукоемкие технологии  
2026

© Коллектив авторов, 2026  
ISBN 978-5-00271-097-3

УДК 632(082)  
ББК 44я43  
Ф94

Рецензенты:

*Сергей Степанович Санин,*  
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский  
институт фитопатологии»;  
*Мария Алексеевна Кузнецова,*  
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский  
институт фитопатологии»;  
*Игорь Юрьевич Подковыров,*  
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский  
институт фитопатологии»

Ф94 Фундаментальные и прикладные аспекты продовольственной безопасности [Электронный ресурс]: сборник материалов VII Международной научно-практической конференции; р. п. Большие Вяземы, 6–7 октября 2025 года. – СПб.: Научное издание, 2026. – 342 с. – URL: <https://publishing.intelgr.com/archive/Fundamentalnie-i-prikladnie-aspekti-prodovolstvennoi-bezopasnosti.pdf>.

ISBN 978-5-00271-097-3

Сборник составлен на основе материалов докладов участников VII Международной научно-практической конференции «Фундаментальные и прикладные аспекты продовольственной безопасности». Заседания конференции посвящены обсуждению наиболее актуальных вопросов фитопатологических исследований и защиты растений. Контроль болезней полевых и тепличных культур, хранение растительной продукции, безопасное и эффективное применение пестицидов и агрохимикатов – все эти и многие другие тематики обсуждались в ходе работы конференции.

Издание адресовано научным работникам, аспирантам, студентам и специалистам в области агрохимии, агроэкологии, биологии, защиты растений, медицины и сельского хозяйства.

УДК 632(082)  
ББК 44я43

ISBN 978-5-00271-097-3

© Коллектив авторов, 2026

Научное издание

Фундаментальные и прикладные аспекты  
продовольственной безопасности

Сборник материалов VII Международной научно-практической конференции

Электронное текстовое издание

Издается в авторской редакции  
Верстка Ю. Н. Сафонкина

Подписано к использованию 24.02.2026.  
Объем издания – 5,9 Мб.

Издательство «Наукоемкие технологии»  
ООО «Корпорация «Интел Групп»  
<https://publishing.intelgr.com>  
E-mail: [publishing@intelgr.com](mailto:publishing@intelgr.com)  
Тел.: +7 (812) 945-50-63  
Интернет-магазин издательства  
<https://shop.intelgr.com/>

ISBN 978-5-00271-097-3



9 785002 710973 >

## **ОРГАНИЗАТОР КОНФЕРЕНЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии»  
(ФГБНУ ВНИИФ)

## **ТЕМАТИЧЕСКИЕ НАПРАВЛЕНИЯ КОНФЕРЕНЦИИ**

1. Совершенствование методов фитосанитарного мониторинга и контроля.
2. Биоресурсные коллекции и их роль в обеспечении продовольственной безопасности.
3. Перспективные экологически безопасные агротехнологии.
4. Использование цифровых платформ и технологий для обеспечения устойчивого земледелия.
5. Фитосанитарные и антропогенные риски в АПК в условиях глобального изменения климата и их влияние на формирование и устойчивость агробиогеносов.
6. Мониторинг состояния окружающей среды и экологические риски в условиях интенсивного сельского хозяйства и изменения климата.
7. Интродукция растений в условиях изменения климата.
8. Управление почвенным плодородием.

## ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ

**М.Г. Барышев**, проф. РАН, д.б.н., директор ФГБНУ ВНИИФ – председатель.

**С.С. Санин**, акад. РАН, д.б.н., ФГБНУ ВНИИФ – зам. Председателя.

**Д.В. Демин**, к.б.н., зам. директора ФГБНУ ВНИИФ – зам. Председателя.

**С.К. Темирбекова**, д.б.н., ФГБНУ ВНИИФ.

**В.Г. Джавахия**, к.б.н., ФГБНУ ВНИИФ.

**М.А. Кузнецова**, к.б.н., ФГБНУ ВНИИФ.

**М.А. Севостьянов**, к.т.н., ФГБНУ ВНИИФ.

**И.Ю. Подковыров**, д.с.-х.н., ФГБНУ ВНИИФ.

**В.Н. Колупаева**, к.б.н., ФГБНУ ВНИИФ.

**С.В. Железова**, д.с.-х.н., ФГБНУ ВНИИФ.

**В.И. Старцев**, д.с.-х.н., ФГБНУ ВНИИФ.

**К.Д. Алиханов**, к.вет.н., директор Междисциплинарный центр науки АН Республики Казахстана.

**Ф.И. Каримов**, д.б.н., зам. директора, Институт ботаники АН Республики Узбекистан.

**М.Г. Мамадюсуфова**, к.б.н., в.н.с. Институт ботаники, физиологии и генетики растений АН Таджикистана.

**Ш.О. Бастаубаева**, акад. Национальной академии аграрных наук Республики Казахстан, директор Казахского НИИ земледелия и растениеводства.

## **ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ**

- Д.В. Демин, ФГБНУ ВНИИФ – председатель
- Н.В. Стацюк, ФГБНУ ВНИИФ – зам. председателя
- Ю.В. Зуева, ФГБНУ ВНИИФ – ответственный секретарь
- В.А. Федотова, ФГБНУ ВНИИФ – член оргкомитета
- Б.Б. Картабаева, ФГБНУ ВНИИФ – член оргкомитета
- В.М. Андреевская, ФГБНУ ВНИИФ – член оргкомитета
- П.П. Трефильев, ФГБНУ ВНИИФ – член оргкомитета
- А.А. Вятчинов, ФГБНУ ВНИИФ – член оргкомитета
- В.А. Мельникова, ФГБНУ ВНИИФ – член оргкомитета

## **МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ КОНФЕРЕНЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии 143050, Московская область, Одинцовский район, р. п. Большие Вяземы, ул. Институт, вл. 5 территория ФГБНУ ВНИИФ.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Андреевская В.М., Еланский С.Н., Лисовой А.М., Васильев Е.С., Апатов Е.Д., Иванова П.М., Ильинова А.Г.</b> ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БАКТЕРИЙ ФИЛЛОСФЕРЫ В КАЧЕСТВЕ АГЕНТОВ БИОКОНТРОЛЯ ГРИБНЫХ БОЛЕЗНЕЙ РАСТЕНИЙ.....	13
<b>Боков Н.А., Кантор Г.Я., Широких И.Г., Ашихмина Т.Я.</b> СТАБИЛИЗАЦИЯ СОСТОЯНИЯ МИКРОБНОГО СООБЩЕСТВА ПОЧВЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РЖАНЫХ ОТРУБЕЙ В КАЧЕСТВЕ МУЛЬЧИ.....	17
<b>Боме Н.А., Белозерова А.А., Колоколова Н.Н., Вайсфельд Л.И., Земцова Е.С., Базюк Д.А., Черепанов А.В., Салех С., Прокопьев А.А.</b> ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ, ПЕРСПЕКТИВНЫХ ДЛЯ РЕГЕНЕРАТИВНОГО РАСТЕНИЕВОДСТВА .....	23
<b>Будынков Н.И., Михалева С.Н., Ульяненко Л.Н., Картабаева Б.Б., Федотова В.А., Федотова А.К., Демин Д.В., Барышев М.Г.</b> ВЛИЯНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ НОВОГО БИОСТИМУЛЯТОРА ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ НА РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ ГОРОХА СОРТА УСАТЫЙ КОРМОВОЙ .....	29
<b>Васильев Е.С., Андреевская В.М., Бурмистров В.В., Васипов В.В.</b> ФУНГИСТАТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ НОВЫХ ПРОИЗВОДНЫХ МОЧЕВИНЫ ПО ОТНОШЕНИЮ К <i>ALTERNARIA</i> И <i>FUSARIUM IN VITRO</i> ....	35
<b>Воробьев Д.А.</b> ВЛИЯНИЕ КОМПАКТИНА НА РАЗВИТИЕ КОЛОРАДСКОГО ЖУКА ( <i>LEPTINOTARSA DECEMLINEATA SAY</i> ).....	40
<b>Вятчинов А.А., Мельникова В.А., Кузнецова М.А.</b> РАЗВИТИЕ РЯДА РАСТЕНИЙ И ИХ ПАТОГЕНОВ В УСЛОВИЯХ ИСКУССТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ .....	45
<b>Гаврилова О.П., Орина А.С., Гагкаева Т.Ю.</b> ИДЕНТИФИКАЦИЯ И ПАТОГЕННОСТЬ ВОЗБУДИТЕЛЕЙ ФУЗАРИОЗНОЙ СУХОЙ ГНИЛИ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ В РОССИИ .....	48
<b>Гагкаева Т.Ю., Орина А.С., Гаврилова О.П.</b> РАЗНООБРАЗИЕ ГРИБОВ КОМПЛЕКСА ВИДОВ <i>FUSARIUM FULKUROI</i> НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ .....	54
<b>Гаджикурбанов Н.А., Кудинов А.В.</b> ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФОРМУЛЯЦИЙ ПРОТРАВИТЕЛЕЙ ПРИ ИНТРОДУКЦИИ ФАСОЛИ ЗЕРНОВОЙ В ЮЖНО-ТАЕЖНОЙ ЗОНЕ ..	60

<b>Гаджикурбанов Н.А.</b> СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФУНГИЦИДОВ РАЗЛИЧНЫХ ПРЕПАРАТИВНЫХ ФОРМ ПРИ ПРОФИЛАКТИКЕ МИКОЗОВ У ЗЕРНОВОЙ ФАСОЛИ В УСЛОВИЯХ ДЕРНО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ.....	64
<b>Гайсина Л.А., Исмагилов К.Р., Ренганатхан П., Ухаткина К.Б., Сущенко Р.З., Хилажетдинова Л.Б., Муфазалова А.С., Назаров Д.К., Ван Эрп И.И., Махмутов А.Р., Картабаева Б.Б., Суханова Н.В.</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕСУРСОВ КОЛЛЕКЦИИ ВОДОРОСЛЕЙ И ЦИАНОБАКТЕРИЙ БАШКОРТОСТАНА (ВСАС) ДЛЯ РАЗВИТИЯ АГРОБИОТЕХНОЛОГИЙ .....	69
<b>Ганиев И.М., Мусин Р.Р., Гайнуллин Р.Р., Зуева Ю.В., Валиуллин Л.Р, Барышев М.Г.</b> БИОРЕМЕДИАЦИЯ СОЛЯРОВОГО МАСЛА В СТОЧНЫХ ВОДАХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ.....	75
<b>Гриц Н.В., Пискарев Н.С.</b> ФИТОСАНИТАРНОЕ СОСТОЯНИЕ ПОСЕВОВ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА ПРИ СНИЖЕНИИ ПЕСТИЦИДНОЙ НАГРУЗКИ .....	83
<b>Гурова Т.А., Чесноченко Н.Е.</b> ФЛУОРЕСЦЕНТНАЯ РЕАКЦИЯ ПРОРОСТКОВ ПШЕНИЦЫ ПРИ АДАПТАЦИИ СОРТОВ К ИНФИЦИРОВАНИЮ <i>BIPOLARIS SOROKINIANA</i> .....	88
<b>Добренко И.Е, Зуева Ю.В.</b> ИНДУЦИРОВАННАЯ ТРИФЛОКСИСТРОБИНОМ СИСТЕМНАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ ЯБЛОНИ К АБИОТИЧЕСКИМ СТРЕССАМ.....	94
<b>Дорофеев Р.В., Отт Е.Ф.</b> СИБИРСКАЯ КОЛЛЕКЦИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ: НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ .....	103
<b>Диченский А.В., Гриц Н.В., Артамонов А.П., Куликов М.Е., Панин А.А.</b> ПРИНЦИПЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО ПОСЕВА ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ РФ .....	109
<b>Железова С.В., Абубикеров В.А., Мальгин И.В., Калашников А.Д.</b> УЛЬТРАМАЛООБЪЕМНОЕ ОПРЫСКИВАНИЕ ДЛЯ БОРЬБЫ С СОРНЫМИ РАСТЕНИЯМИ В ПОСЕВАХ.....	114
<b>Жемчужина Н.С., Андреевская В.М.</b> МЕТОДЫ ДЛИТЕЛЬНОГО ХРАНЕНИЯ ФИТОПАТОГЕННЫХ БАКТЕРИЙ В ГОСУДАРСТВЕННОЙ КОЛЛЕКЦИИ ФИТОПАТОГЕННЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ ФГБНУ ВНИИФ .....	119
<b>Жемчужина Н.С., Киселева М.И.</b> ВЛИЯНИЕ НА ЖИЗНЕСПОСОБНОСТЬ ГРИБОВ РОДА <i>FUSARIUM</i>	

УСЛОВИЙ ХРАНЕНИЯ БИОМАТЕРИАЛА В ЛИОФИЛЬНО ВЫСУШЕННОМ СОСТОЯНИИ.....	125
<b>Измайлова Е.С., Андреевская В.М., Севостьянова Е.П., Васильев Е.С., Гришина Е.В., Севостьянов М.А.</b> ИЗУЧЕНИЕ ВИДОВОГО РАЗНООБРАЗИЯ ЭНТОМОФАУНЫ НА КАРТОФЕЛЕ В УСЛОВИЯХ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ.....	131
<b>Измайлова Е.С.</b> ВЛИЯНИЕ ДЛИНЫ СВЕТОВОГО СПЕКТРА НА СОСТОЯНИЕ ПАУТИННОГО КЛЕЩА ( <i>TETRANYCHUS URTICAE</i> ).....	135
<b>Калашников А.Д., Белошапкина О.О.</b> ВЛИЯНИЕ ВЕСЕННИХ ЗАМОРОЗКОВ НА РАСПРОСТРАНЕНИЕ ВОЙЛОЧНОГО КЛЕЩА НА ВИНОГРАДНИКАХ В ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ .....	140
<b>Кисиль М.Е., Овчинников А.С., Генералов С.А.</b> О ПРОБЛЕМАХ ВНЕДРЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ВНЕСЕНИЯ ПЕСТИЦИДОВ В КОНТЕКСТЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НЕЗАВИСИМОСТИ РОССИИ.....	145
<b>Колупаева В.Н., Ступкина А.М.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ МИГРАЦИИ ПЕСТИЦИДОВ .....	152
<b>Косыгина (Свиридова) Л.Л.</b> ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ НА ВЫЖИВАЕМОСТЬ РАСТЕНИЙ ПРИ ПАТОГЕННОЙ АГРЕССИИ .....	156
<b>Ларина Г.Е.</b> ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННЫХ ИСТОЧНИКОВ ХЛОРА НА ЗАСОЛЕНИЕ ПОЧВЫ В РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВАХ ГОРОДСКОГО ОЗЕЛЕНЕНИЯ.....	162
<b>Ларина Г.Е., Ковалева Е.С.</b> ПРИМЕНЕНИЕ ОЦЕНКИ АНТИОКСИДАНТНОГО СТАТУСА ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ, КАК НОВЫЙ МЕТОД В СИСТЕМЕ ФИТОСАНИТАРНОГО МОНИТОРИНГА.....	168
<b>Макаров С.В., Макарова Л.А.</b> РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ БОЛЕЗНЕЙ ПЕРВОЦВЕТОВ НА ОБЪЕКТАХ ОЗЕЛЕНЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ИНТРОДУКЦИИ .....	174
<b>Мамадюсуфова М.Г., Зуева Ю.В., Демин Д.В., Феоктистов М.К.</b> ИЗУЧЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ <i>AEGILOPS L.</i> ПРОИЗРАСТАЮЩИХ В РАЗЛИЧНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ЗОНАХ ТАДЖИКИСТАНА.....	179
<b>Мешкова Л.В., Сабаева О.Б., Шестопалова С.Н.</b> ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ СПОРООБРАЗЦОВ ВОЗБУДИТЕЛЯ	

БУРОЙ РЖАВЧИНЫ ПШЕНИЦЫ ОМСКОЙ ОБЛАСТИ ПОПУЛЯЦИИ 2024 ГОДА.....	184
<b>Мухин В.М., Каменер О.Е., Яшина Н.И, Старцев В.И., Барышев М.Г., Абубикеров В.А.</b> ПЕРСПЕКТИВА ПОЛУЧЕНИЯ АКТИВНЫХ УГЛЕЙ ИЗ СОЛОМЫ СЕЛЬХОЗКУЛЬТУР В ТЕХНОЛОГИИ АГРОСОРБ .....	190
<b>Некляев С.Э.</b> СОПРЯЖЁННАЯ СУКЦЕССИЯ ДЕРЕВОРАЗРУШАЮЩИХ ГРИБОВ ПРИ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОМ ПОСЕЛЕНИИ НА ДРЕВЕСНЫХ ОСТАТКАХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ СЕМЕЙСТВ BETULACEAE и SALICACEAE.....	198
<b>Никифоров Е.В., Санин С.С.</b> СПРАВОЧНО-КОНСУЛЬТАТИВНАЯ СИСТЕМА «ЗАЩИТА РЖИ ОТ СТЕБЛЕВОЙ РЖАВЧИНЫ».....	205
<b>Ощепков М.С., Горунова О.Н., Быстрова Н.А., Кочетков К.А.</b> НОВЫЕ РЕГУЛЯТОРЫ РОСТА РАСТЕНИЙ – ПРОИЗВОДНЫЕ ЭТИЛЕНДИМОЧЕВИНЫ (EDU).....	210
<b>Пахолкова Е.В., Сальникова Н.Н.</b> ИЗМЕНЕНИЕ АРЕАЛОВ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВОЗБУДИТЕЛЕЙ СЕПТОРИОЗА НА ПОСЕВАХ ПШЕНИЦЫ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ В УСЛОВИЯХ ПОТЕПЛЕНИЯ КЛИМАТА.....	217
<b>Подковыров И.Ю.</b> ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ НА РАСШИРЕНИЕ АРЕАЛОВ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В РОССИИ .....	223
<b>Подковыров И.Ю., Иванова Н.В.</b> ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КУКУРУЗЫ В ЗОНАХ РИСКОВАННОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ ЗАСУШЛИВЫХ РЕГИОНОВ ПОВОЛЖЬЯ.....	228
<b>Подковыров И.Ю., Сметанников А.П., Панина О.А.</b> ВЛИЯНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ ПРЕПАРАТОВ НА УРОЖАЙНОСТЬ ФАСОЛИ В МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ.....	232
<b>Поляков Д.Д., Железова С.В.</b> ПРИМЕНЕНИЕ ЦИТОКИНИНОВ ДЛЯ УМЕНЬШЕНИЯ ЗАТРАТ НА ВЫРАЩИВАНИЕ ДВУРЯДНИКА ТОНКОЛИСТНОГО (РУККОЛЫ).....	237
<b>Росеева Л.П., Белан И.А.</b> ОЦЕНКА СОРТОВ ПШЕНИЦЫ МЯГКОЙ ЯРОВОЙ ПО УСТОЙЧИВОСТИ К СТЕБЛЕВОЙ РЖАВЧИНЕ В ОМСКОЙ ОБЛАСТИ ....	240

<b>Серая Л.Г.</b> БИОРЕСУРСНАЯ КОЛЛЕКЦИЯ ДЕКОРАТИВНЫХ И САДОВЫХ ВИДОВ КАК ОСНОВА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ БИОРАЗНООБРАЗИЯ И ПРИЕМОМ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЗДОРОВОЙ СРЕДЫ ЖИЗНИ ЧЕЛОВЕКА .....	245
<b>Смирнов А.Н., Смирнова О.Г., Андреевская В.М., Траоре Б.</b> АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЙ АГРЕССИВНОСТИ ВОЗБУДИТЕЛЯ ФИТОФТОРОЗА НА КАРТОФЕЛЕ В МОСКОВСКОМ РЕГИОНЕ В 2024 И 2025 ГОДАХ.....	251
<b>Старцев В.И., Барышев М.Г., Мухин В.М., Абубикеров В.А., Старцева Л.В.</b> РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНОЙ ПРЕПАРАТИВНОЙ ФОРМЫ АКТИВНОГО УГЛЯ С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ПОЧВЫ ЭКОТОКСИКАНТАМИ .....	257
<b>Стахеев А.А., Багдасарова П.Е., Рогожин Е.А., Калинина Н.О., Тальянский М.Э., Завриев С.К.</b> ДВУЦЕПОЧЕЧНЫЕ НЕКОДИРУЮЩИЕ РНК – ИНСТРУМЕНТ СНИЖЕНИЯ ПАТОГЕННОСТИ ГРИБОВ РОДА <i>FUSARIUM</i> И ИНГИБИРОВАНИЯ БИОСИНТЕЗА МИКОТОКСИНОВ .....	262
<b>Стацюк Н.В., Ульбашева С.А., Кузнецова М.А.</b> ВЛИЯНИЕ ПОСЛЕУБОРОЧНОЙ ОБРАБОТКИ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ ИМПУЛЬСНЫМ НИЗКОЧАСТОТНЫМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ПОЛЕМ НА РАЗВИТИЕ БАКТЕРИАЛЬНОЙ ИНФЕКЦИИ В КЛУБНЕВЫХ ТКАНЯХ....	268
<b>Ступкина А.М., Бутько Н.Н., Кокорева А.А., Колупаева В.Н.</b> МИГРАЦИЯ ИМИДАКЛОПРИДА В ПОЛЕВОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ .....	275
<b>Таракановский А.Н., Бедловская И.В.</b> К ОПИСАНИЮ СИМПТОМАТИКИ, МЕХАНИЗМОВ ЗАРАЖЕНИЯ И РАСПРОСТРАНЕНИЯ <i>PLASMODIUM HALSTEDII</i> (FARLOW) BERLESE & DE TONI, ВОЗБУДИТЕЛЯ ЛОЖНОЙ МУЧНИСТОЙ РОСЫ ПОДСОЛНЕЧНИКА .....	280
<b>Теплякова О.И., Фоменко В.В., Бердникова Т.В.</b> ОБЫКНОВЕННАЯ КОРНЕВАЯ ГНИЛЬ В ПОСЕВАХ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ, ЗАЩИЩЕННОЙ КОМПОЗИЦИЯМИ НОВОХИЗОЛЯ .....	288
<b>Утенков Г.Л.</b> ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ АГРОТЕХНОЛОГИЙ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ АГРОЦЕНОЗОВ В СИБИРИ.....	295
<b>Федотова А.К., Картабаева Б.Б., Михалева С.Н.</b> ПОВЫШЕНИЕ УРОЖАЙНОСТИ ПШЕНИЦЫ ОЗИМОЙ ЗА СЧЕТ	

ОБРАБОТКИ ПОСЕВОВ НОВЫМ БИОСТИМУЛЯТОРОМ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ.....	302
<b>Федотова В.А., Картабаева Б.Б., Трефилов П.П., Федотова А.К., Низовцева О.Ф., Демин Д.В.</b> ВЛИЯНИЕ НОВОГО БИОСТИМУЛЯТОРА РОСТА НА ПОКАЗАТЕЛИ ПОСЕВНЫХ СВОЙСТВ СЕМЯН ЛЮПИНА БЕЛОГО.....	308
<b>Халиков М.С., Абубикеров В.А., Мальгин И.В., Чкаников Н.Д.</b> ВАРИАНТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОНТМОРИЛЛОНИТОВЫХ ГЛИН ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ УРОЖАЙНОСТИ КУКУРУЗЫ.....	314
<b>Халиков С.С., Халиков М.С.</b> РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСНЫХ ПРЕПАРАТОВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ МЕТОДАМИ МЕХАНОХИМИИ .....	320
<b>Чудакова К.А.</b> БЕЛОК MF3, ИНДУЦИРУЮЩИЙ БОЛЕЗНЕУСТОЙЧИВОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР, СПОСОБЕН ЗАЩИЩАТЬ ДЕКОРАТИВНЫЕ РАСТЕНИЯ СЕМЕЙСТВА <i>ORCHIDACEAE</i> ОТ <i>FUSARIUM SOLANI</i> .....	328
<b>Щербакова Л.А., Ерохин Д.В., Стахеев А.А., Завриев С.К., Джавадия В.Г.</b> ХЕМОСЕНСИБИЛИЗАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ТИМОЛА И ВОЗМОЖНЫЕ МЕХАНИЗМЫ ЕГО АНТИПАТОГЕННОГО ДЕЙСТВИЯ.....	334
<b>Якунина Н.А.</b> ЗАРАЖЁННОСТЬ КОЛОСЬЕВ ЯРОВОЙ ТВЁРДОЙ ПШЕНИЦЫ ГРИБАМИ РОДА <i>ALTERNARIA</i> В УСЛОВИЯХ ОМСКОГО ПРИИРТЫШЬЯ.....	338

# ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БАКТЕРИЙ ФИЛЛОСФЕРЫ В КАЧЕСТВЕ АГЕНТОВ БИОКОНТРОЛЯ ГРИБНЫХ БОЛЕЗНЕЙ РАСТЕНИЙ

Андреевская В.М.<sup>1,3</sup>, Еланский С.Н.<sup>3</sup>, Лисовой А.М.<sup>1,2</sup>, Васильев Е.С.<sup>1,2</sup>,  
Апатов Е.Д.<sup>2</sup>, Иванова П.М.<sup>2</sup>, Ильинова А.Г.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии,  
Большие Вязёмы, Россия, nikaandreevskai@yandex.ru

<sup>2</sup> РГАУ–МСХА им. К.А. Тимирязева, Москва, Россия mregor@gmail.com

<sup>3</sup> МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва Россия snelansky@gmail.com

**Аннотация:** Проанализирована видовая принадлежность, антагонистическая и фитопатогенная активности, а также фитотоксичность бактерий, выделенных из филлосферы картофеля и томата. Отобраны штаммы *Pseudomonas chlororaphis*, *Stenotrophomonas indicatrix* и *Ochrobactrum quorumnosens* как наиболее активные антагонисты фитопатогенных грибов. Показано отсутствие негативного влияния изучаемых штаммов бактерий на растения картофеля и томата.

**Ключевые слова:** бактерии, филлосфера, фитопатогены, пасленовые культуры.

## ВВЕДЕНИЕ

Ежегодно болезни растений приводят к существенным экономическим потерям аграрных предприятий. Постоянное использование пестицидов ведёт к ухудшению экологии агроценозов и к появлению резистентных рас фитопатогенов, в связи с чем в последнее время наблюдается увеличение спроса на биологические препараты (Семеренко, 2015).

В Российской Федерации разнообразие биопрепаратов невелико, в связи с чем следует вести поиск новых биоагентов, способных защищать сельскохозяйственные культуры. Микроорганизмы филлосферы являются перспективным объектом для поиска новых биоагентов. Разнообразие микроорганизмов филлосферы слабо изучено как в Российской Федерации, так и за рубежом.

Целью исследования было изучение видового разнообразия бактерий филлосферы и оценка перспектив их использования в качестве агентов биоконтроля грибных болезней растений.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проводилось в инновационной лаборатории микробиологии отдела безопасности и продуктивности агроэкосистем ФГБНУ ВНИИФ и на кафедре микологии и альгологии биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.

Образцы листьев картофеля и томата без видимых симптомов бактериального или грибного заражения, выращиваемых в открытом и защищенном грунте, были отобраны в разных регионах Российской Федерации. Из них с помощью метода отпечатка на питательную среду ГРАУ были выделены чистые культуры микроорганизмов (Благовещенская, 2017). Для видовой идентификации определяли последовательность участка ДНК 16s по методу Сэнгера. Штаммы фитопатогенных грибов были получены из коллекций микроорганизмов кафедры микологии и альгологии биологического факультета МГУ и Агробиотехнологического департамента Аграрно-технологического института РУДН.

Изучение антагонистической активности проводили с помощью метода встречных культур на искусственных питательных средах (КГА и ГМА). У наиболее эффективных антагонистов проводили исследования фитотоксичности и фитопатогенности на отчлененных органах растений и на живых растениях томата в вегетационных сосудах.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В процессе работы было выделено 62 микроорганизма, среди которых преобладали сапротрофные бактерии. Благодаря методу встречных культур удалось определить наиболее агрессивные по отношению к фитопатогенам штаммы (таблица 1).

Таблица 1

### Антагонистическая активность бактерий филлосферы по отношению к основным фитопатогенам пасленовых культур

Название	Выделено с поверхности растения	Открытый/защищенный грунт	<i>Alternaria protenta</i>	<i>Colletotrichum coccodes</i>	<i>Cladosporium cladosporioides</i>	<i>Helminthosporium solani</i>	<i>Phytophthora infestans</i>	<i>Rhizoctonia solani</i>	<i>Fusarium luffae</i>	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>
<i>Pseudochrobactrum lubricantis</i>	Томат	ОГ	–	–	++	–	–	–	–	++
<i>Pseudomonas chlororaphis</i>	Картофель	ОГ	++	++	++	++	++	++	++	++
<i>Arthrobacter ruscicus</i>	Томат	ЗГ	–	–	+	–	–	–	–	–

Название	Выделено с поверхности растения	Открытый/защищенный грунт	<i>Alternaria protenta</i>	<i>Colletotrichum coccodes</i>	<i>Cladosporium cladosporioides</i>	<i>Helminthosporium solani</i>	<i>Phytophthora infestans</i>	<i>Rhizoctonia solani</i>	<i>Fusarium luffae</i>	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>
<b><i>Stenotrophomonas indicatrix</i></b>	<b>Томат</b>	<b>ОГ</b>	++	-	-	-	-	++	+	-
<i>Brevundimonas naejangsansensis</i>	Томат	ОГ	-	-	+	-	-	-	++	-
<i>Stenotrophomonas indicatrix</i>	Томат	ОГ	-	-	+	-	-	+	++	-
<b><i>Ochrobactrum quorumnocens</i></b>	<b>Картофель</b>	<b>ОГ</b>	+	+	+	+	++	-	+	-

*Примечание:* – колония бактерии не влияет на рост колонии гриба;

+ ограничивает рост колонии гриба, но при более длительном культивировании мицелий переходит через колонию бактерии;

++ останавливает рост колонии, есть четкая зона ингибирования роста гриба. При более длительном культивировании мицелий не переходит через колонию бактерии.

Из всех бактерий наибольшую антагонистическую активность по отношению к фитопатогенам показали 7 изолятов, из них *Pseudomonas chlororaphis*, *Stenotrophomonas indicatrix*, *Ochrobactrum quorumnocens* являются наиболее перспективными для дальнейших исследований. Перспективы использования вышеуказанных видов в составе биопрепаратов для защиты растений подтверждается и работами зарубежных авторов (Adeleke, 2021, Krzyzanowska, 2019, Raio, 2021). Оценка фитопатогенности и фитотоксичности показала, что обработка отчлененных органов растений суспензиями тестируемых бактерий не приводила к лизису клеток клубней, листьев картофеля и листьев томата. Обработка вегетирующих растений томата и картофеля также не выявила видимых изменений морфологии или скорости роста растений.

Таким образом, можно заключить, что микроорганизмы филлосферы являются перспективным источником биоагенов для защиты растений от фитопатогенов.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ (тема № FGGU-2025-0006 1022041200059-8-4.1.1).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Благовещенская Е.Ю. Микологические исследования: Основы лабораторной техники. – Ленанд М, 2017. – 96 с.

2. Семеренко С.А. Экология и защита растений // Масличные культуры. 2015. № 4 (164).

3. Adeleke B.S., Ayangbenro A.S., Babalola O.O. Genomic assessment of *Stenotrophomonas indicatrix* for improved sunflower plant // *Current Genetics*. – 2021. – T. 67. – № . 6. – C. 891–907.

4. Krzyzanowska D.M. et al. *Ochrobactrum quorumnocens* sp. nov., a quorum quenching bacterium from the potato rhizosphere, and comparative genome analysis with related type strains // *PLoS One*. – 2019. – T. 14. – № . 1. – C. e0210874.

5. Raio A., Puopolo G. *Pseudomonas chlororaphis* metabolites as biocontrol promoters of plant health and improved crop yield // *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. – 2021. – T. 37. – № . 6. – C. 99.

## PROSPECTS FOR USING PHYLLOSPHERE BACTERIA AS BIOCONTROL AGENTS FOR FUNGAL PLANT DISEASES

Andreevskaya V.M.<sup>1,3</sup>, Elansky S.N.<sup>3</sup>, Lisovoy A.M.<sup>1,2</sup>, Vasiliev E.S.<sup>1,2</sup>,  
Apatov E.D.<sup>2</sup>, Ivanova P.M.<sup>2</sup>, Ilyinova A.G.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *All-Russian Research Institute of Phytopathology, Bol'shiye Vyazyomy, Russia, nikaandreevskai@yandex.ru*

<sup>2</sup> *Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Moscow, Russia mqegor@gmail.com*

<sup>3</sup> *Moscow State University named after M.V. Lomonosov, Moscow, Russia snelansky@gmail.com*

**Abstract:** Species affiliation, antagonistic and phytopathogenic activities, and phytotoxicity of bacteria isolated from the phyllosphere of potato and tomato were analyzed. *Pseudomonas chlororaphis*, *Stenotrophomonas indicatrix*, and *Ochrobactrum quorumnocens* strains were selected as the most active antagonists of phytopathogenic fungi. The absence of negative effects of the studied bacterial strains on potato and tomato plants was shown.

**Keywords:** bacteria, phyllosphere, phytopathog.

# СТАБИЛИЗАЦИЯ СОСТОЯНИЯ МИКРОБНОГО СООБЩЕСТВА ПОЧВЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РЖАНЫХ ОТРУБЕЙ В КАЧЕСТВЕ МУЛЬЧИ

Боков Н.А.<sup>1</sup>, Кантор Г.Я.<sup>2</sup>, Широких И.Г.<sup>1,2</sup>, Ашихмина Т.Я.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока  
имени Н.В. Рудницкого, Киров, Россия

<sup>2</sup>Институт биологии ФИЦ Коми научного центра Уральского отделения РАН,  
Сыктывкар, Россия, [biotekhnologiya@fanc-sv.ru](mailto:biotekhnologiya@fanc-sv.ru)

**Аннотация:** Внесение в почву в качестве органического мульчирующего материала ржаных отрубей привело в условиях модельного эксперимента к выраженному снижению экофизиологических показателей состояния микробного сообщества, определяемых величинами базального (фонового) и субстрат-индуцированного (после обогащения почвы глюкозой) дыхания почвы, ее микробной биомассы. Применение ржаных отрубей одновременно с внесением в почву целлюлолитически активных штаммов бактерий *Streptomyces thermocarboxydus* T1-3, *S. griseoaurantiacus* Mb4-2 и гриба *Shizophillum commune* EO22 способствовало стабилизации экофизиологических показателей почвенного микробиома. Сочетание мульчирующей и микробной добавок может представлять интерес для управления плодородием почвы в системе органического земледелия.

**Ключевые слова:** микроорганизмы-целлюлолитики, отруби ржаные, утилизация побочного продукта, продуцирование CO<sub>2</sub>, микробный метаболический коэффициент.

## ВВЕДЕНИЕ

Биоразлагаемые мульчирующие материалы на основе целлюлозы улучшают структуру почвы, создают оптимальный режим температуры и влажности, обогащают почву органическим веществом и минеральными элементами питания. Мульча на основе целлюлозы может косвенно влиять на почвенные фитопатогены, подавляя их развитие с помощью различных механизмов (Riseh et al., 2024). К числу таких биоразлагаемых мульчирующих материалов относятся отруби зерновых культур, применение которых позволяет комплексно решить задачу утилизации побочного продукта/отхода, и получение экологически чистой растениеводческой продукции (dos Santos Cordeiro et al., 2025). Например, применение при возделывании различных сельскохозяйственных культур рисовых отрубей способствовало повышению устойчивости и снижению финансовых затрат в органическом земледелии (Moyin-Jesu, 2007; Wang et al., 2025). В отличие от химических препаратов, отруби работают комплексно, постепенно насыщают почву полезными веществами и улучшают ее биологическую активность, выступая в качестве «пребиотика» полезной почвенной микробиоты.

Ржаные отруби – побочный продукт, получаемый при производстве рафинированной ржаной муки. Мировое производство ржаных отрубей за последнее десятилетие оценивается примерно от 17 до 36 млн тонн (Demirel et al., 2021). В 2020 году было собрано более 15 млн тонн зерна ржи с площади 4,45 млн га (FAOSTAT, 2020). Согласно литературным данным, ржаные отруби содержат в составе 33,4% целлюлозы, 5,3% гемицеллюлозы, 3,3% лигнина, а также крахмал (18,6%), белок (17,0%) и липиды (2,5%) (Juhnevica-Radenkova et al., 2021). Благодаря высокому содержанию полезных веществ, ржаные отруби используют в производстве нутрицевтиков, однако это направление является далеко не единственным (Demirel et al., 2021).

Особенностью химического состава ржаных отрубей является значительное содержание пентозанов – углеводных полимеров, которые служат опорным материалом жёстких клеточных стенок или выполняют функции цементирующего материала в межклеточном пространстве, благодаря высокой водоудерживающей способности. Пентозаны, в частности, арабиноксиланы, служат также резервуаром для фенольных кислот, которые участвуют в защите растений от грибковых патогенов (Koistinen et al, 2016). Гидролиз пентозанов протекает с участием ферментов гликозилгидролаз, ксиланаз, гликозилтрансфераз и других CAZy (Carbohydrate-Active enZYmes).

Одним из эффективных продуцентов CAZy является гриб белой гнили *Shizophillum commune* Fr., известный способностью к глубокому разложению древесины за счет продукции лигнолитических ферментов. Среди почвенных бактерий способностью к продуцированию CAZy часто характеризуются представители рода *Streptomyces*.

В данной работе оценивали отклик почвенного микробного сообщества на внесение в почву ржаных отрубей отдельно и в сочетании с микробными добавками для активизации ферментативного гидролиза.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Опыт по влиянию ржаных отрубей и микробных добавок на экофизиологический статус почвенного микробиома проводили в пластиковых контейнерах, объемом 1,0 л. В каждый контейнер вносили по 760 г дерново-подзолистой почвы, увлажненной до 60% от полной влагоемкости. В опытных вариантах в почву вносили по 0,5 г ржаных отрубей в составе предварительно выращенных жидких культур (50 мл) бактерий *Streptomyces thermocarboxydus* T1-3, *S. griseoaurantiacus* Mb4-2 и гриба *Shizophillum commune* EO22 или не инокулированной питательной среды, согласно схеме опыта (табл.). Контролем служил вариант без добавления отрубей и микробного инокулюма. Каждый вариант закладывали в

трех повторениях. Через 7 сут в почву каждого контейнера высаживали по 2 миниклубня картофеля. Уход за растениями заключался в систематическом поливе и рыхлении почвы. Образцы почвы для газохроматографического анализа отбирали по вариантам через 19 недель после закладки опыта.

В образцах почвы определяли субстрат-индуцированное дыхание (СИД), которое оценивали по скорости начального максимального дыхания микроорганизмов после обогащения почвы глюкозой (Anderson, Domsch, 1978). Навеску почвы (1 г) помещали во флакон (объем 14 мл), добавляли раствор глюкозы (0,1 мл), результирующая концентрация которой составила 10 мг/г, герметично закрывали и фиксировали время. Обогащенный глюкозой образец почвы инкубировали 5 ч при комнатной температуре ( $22 \pm 2$  °C), после чего отбирали шприцем пробу газовой фазы (0,02 мл) из флакона и вводили в газовый хроматограф Agilent Technologies 7890A для регистрации CO<sub>2</sub>. Углерод микробной биомассы (Смик) почвы рассчитывали по формуле: Смик (мкг С/г почвы) = СИД (мкл CO<sub>2</sub> / (г почвы ч)) × 40,04 (Ананьева, 2003). Скорость базального дыхания (БД) определяли в почве, которую инкубировали во флаконах в течение 24 ч при  $22 \pm 2$  °C. Измерение БД выполняли как для СИД, но вместо раствора глюкозы в почву вносили воду (0,1 мл/г). Скорость СИД и БД выражали в мкг С–CO<sub>2</sub> / (г почвы ч). Удельное дыхание микробной биомассы или микробный метаболический коэффициент ( $qCO_2$ ) рассчитывали как отношение БД/Смик =  $qCO_2$  (мкг CO<sub>2</sub> С / (мг Смик ч)) (Anderson, Domsch, 1978).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Экофизиологические показатели состояния микробиома дерново-подзолистой почвы в контроле не противоречат по величине результатам, полученным для данного типа почв в других работах (Ананьева, 2003) (табл.).

Таблица

**Экофизиологические показатели состояния микробного сообщества почвы в зависимости от внесения ржаных отрубей и инокуляции различными микроорганизмами**

Вариант	БД мкг С–CO <sub>2</sub> / г час	СИД / мкг С–CO <sub>2</sub> / г час	С <sub>мик</sub> , мкг/г	$qCO_2$ мкг CO <sub>2</sub> –С /мг Смик час
Контроль (почва без добавок)	5,6	8,2	619	9,1
Отруби без инокулюма	2,8	7,8	586	4,8
Отруби с инокуляцией <i>S. thermocarboxydus</i> T1-3	6,8	9,8	738	9,2
Отруби с инокуляцией <i>S. griseoaurantiacus</i> Mb4-2	4,4	49,6	3729	1,2

Вариант	БД мкг С-СО <sub>2</sub> / г час	СИД / мкг С-СО <sub>2</sub> / г час	С <sub>мик</sub> , мкг/г	qCO <sub>2</sub> мкг СО <sub>2</sub> -С /мг Смик час
Отруби с инокуляцией <i>Shizophillum commune</i> EO22	6,6	40,1	3011	2,2
Отруби с инокуляцией <i>S. thermocarboxydus</i> T1-3+ <i>S. commune</i> OE22	7,9	22,5	1689	4,7
Отруби с инокуляцией <i>S. griseoaurantiacus</i> Mb4-2+ <i>S. commune</i> OE22	12,7	33,7	2534	4,9

Добавление к почве отрубей (в качестве органического мульчирующего материала и, одновременно, подкормки) привело к снижению в два раза по сравнению с контролем величины БД и, соответственно, микробного метаболического коэффициента. В меньшей степени ржаные отруби уменьшили показатель СИД (после обогащения почвы глюкозой) почвы и ее микробную биомассу. Причина снижения микробиологической активности почвы в этом варианте, очевидно, связана с образованием при гидролизе ржаных отрубей таких ингибиторов, как фенолы, 5-гидроксиметилфурфурол, уксусная и муравьиная кислоты (Koistinen et al, 2016). Ферментативный гидролиз внесенного материала, осуществляемый в этом варианте аборигенной микробиотой, происходит, по-видимому, недостаточно эффективно.

Одновременное внесение в почву ржаных отрубей и целлюлолитически активных бактерий T1-3, Mb4-2 и гриба EO22, индивидуально или в парных сочетаниях (бактерия+гриб), сопровождалось, напротив, увеличением экофизиологических показателей почвенного микробиома, в разной степени в зависимости от характера микробной добавки.

Прогнозировать продолжительность и глубину происходящих в экосистеме изменений позволяет величина  $qCO_2$ , как интегральный показатель, отражающий изменения базального дыхания и микробной биомассы почвы (Ананьева, 2003). Чем выше значения  $qCO_2$ , тем моложе и в большей степени трансформирована экосистема. Более низкие значения  $qCO_2$  характерны для климаксных/стабильных экосистем. С этих позиций, наибольшим стабилизирующим эффектом на фоне применения ржаных отрубей отличались варианты с внесением в почву *S. griseoaurantiacus* Mb4-2 и *S. commune* EO22, тогда как применение *S. thermocarboxydus* T1-3 лишь возвращало почвенную микробную систему к исходному состоянию контрольного варианта.

Таким образом, одновременное мульчирование почвы отрубями озимой ржи и инокуляция целлюлолитически активными микроорганизмами может

быть рекомендовано для управления плодородием почвы в системе органического земледелия.

#### БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена в рамках Государственных заданий ФАНЦ Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого (тема № FNWE-2025-0005) и ФИЦ «Коми научный центр Уральского отделения Российской академии наук» (тема № FUUU-2025-0003).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Riseh R.S. Advancing agriculture through bioresource technology: the role of cellulose-based biodegradable mulches. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2024, 255, 128006.
2. dos Santos Cordeiro A.A., de Sousa Antunes L.F., da Costa Rodrigues dos Santos G., Marinho Guerra J.G., Louro Berbara R.L., da Silva Araújo, E., Azevedo Espindola J.A. Fertilization with fermented composts improves agro-economic performance and sustainability in organic lettuce and forage sorghum cropping systems in Northwestern Minas Gerais, Brazil. *Organic Agriculture*, 2025, 1–16.
3. Moyin-Jesu E.I. Use of plant residues for improving soil fertility, pod nutrients, root growth and pod weight of okra (*Abelmoschus esculentum* L). *Bioresource technology*, 2007, 98(11). 2057–2064.
4. Wang J., Chen S., Xu Y., Yan X., Li Z., Huang X. Effects of Rice Bran on Seed Germination and Seedling Growth of Rice *International Journal of Multidisciplinary Research and Growth Evaluation*, 2025, 6 (2), 1314–1318.
5. Demirel F., Germec M., Turhan I. Fermentable sugars production from wheat bran and rye bran: Response surface model optimization of dilute sulfuric acid hydrolysis. *Environ. Technol*, 2021, 2, 1–22.
6. FAOSTAT, 2020 <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. Дата обращения 18.07.21.
7. Juhnevic-Radenkova K., Kviesis J., Moreno D.A., Seglina D., Vallejo F., Valdovska A., Radenkova V. Highly-efficient release of ferulic acid from agro-industrial by-products via enzymatic hydrolysis with cellulose-degrading enzymes: Part i – the superiority of hydrolytic enzymes versus conventional hydrolysis. *Foods*, 2021, 10, 782.
8. Koistinen V.M., Katina K., Nordlund E., Poutanen K., Hanhineva K. Changes in the phytochemical profile of rye bran induced by enzymatic bioprocessing and sourdough fermentation. *Food Res. Int.* 2016, 89, 1106–1115.
9. Anderson J.P.E., Domsch K.H. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils. *Soil Biol. Biochem*, 1978, 10 (3). 215–221.
10. Ананьева Н.Д. Микробиологические аспекты самоочищения и устойчивости почв. М.: Наука, 2003.

# STABILIZATION OF THE SOIL MICROBIAL COMMUNITY WHEN USING RYE BRAN AS MULCH

Bokov N.A.<sup>1</sup>, Kantor G.Ya.<sup>2</sup>, Shirokikh I.G.<sup>1,2</sup>, Ashikhmina T.Ya.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Federal Agrarian Scientific Center of the North-East  
named after N.V. Rudnitsky, Kirov, Russia, biotekhnologiya@fanc-sv.ru*  
<sup>2</sup>*Institute of Biology of the FIT Komi Scientific Center of the Ural Branch  
of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar, Russia*

**Abstract:** The introduction of rye bran into the soil as an organic mulching material led, in a model experiment, to a marked decrease in the ecophysiological parameters of the microbial community, determined by the values of basal (background) and substrate-induced (after soil enrichment with glucose) respiration of the soil and its microbial biomass. The use of rye bran simultaneously with the introduction of cellulolytically active strains of bacteria *Streptomyces thermocarboxydus* T1-3, *S. griseoaurantiacus* Mb4-2 and the fungus *Shizophilum commune* EO22 contributed into the soil to the stabilization of the ecophysiological parameters of the soil microbiome. The combination of mulching and microbial additives may be of interest for soil fertility management in an organic farming system.

**Keywords:** cellulolytic microorganisms, rye bran, by-product utilization, CO<sub>2</sub> production, microbial metabolic coefficient.

# ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ, ПЕРСПЕКТИВНЫХ ДЛЯ РЕГЕНЕРАТИВНОГО РАСТЕНИЕВОДСТВА

Боме Н.А.<sup>1</sup>, Белозерова А.А.<sup>1</sup>, Колоколова Н.Н.<sup>1</sup>, Вайсфельд Л.И.<sup>2</sup>,  
Земцова Е.С.<sup>3</sup>, Базюк Д.А.<sup>1</sup>, Черепанов А.В.<sup>1</sup>, Салех С.<sup>1</sup>, Прокопьев А.А.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Тюменский государственный университет, г. Тюмень, Россия, *bomena@mail.ru*

<sup>2</sup>Институт биохимической физики им. Эмануэля РАН, *liv11@yandex.ru*

<sup>3</sup>Тобольская комплексная научная станция УрО РАН, *zemcovaelena@mail.ru*

<sup>4</sup>Крестьянское (фермерское) хозяйство А.А. Прокопьева, *ipraa18@yandex.ru*

**Аннотация:** рассматриваются ряд вопросов «предселекционной работы»: значение генетического разнообразия растений для сельскохозяйственных культур; риск, связанный с сужением генетической базы современных сортов и изменением климата; анализ методов и доступных инструментов для создания и оценки исходного материала для дальнейшего использования в фундаментальных исследованиях и прикладных селекционных программах.

**Ключевые слова:** фенотипирование, мутагенез, генотип, устойчивость, интродукция.

## ВВЕДЕНИЕ

В связи с возрастающим спросом на отечественное высококачественное растительное сырье необходима разработка и реализация новых селекционно-генетических проектов, направленных на создание сортов сельскохозяйственных растений с комплексом продуктивных, адаптационных и технологических свойств. Программы улучшения сельскохозяйственных культур зависят от наличия комплексных исследований генетических ресурсов растений в моделируемых и естественных условиях «предварительной селекции» (Sharma et al., 2013).

«Предселекционная» деятельность включает оценку генетических ресурсов растений, определение источников ценных агрономических признаков для дальнейшей передачи их в другие генотипы. Создание новых популяций, которые можно использовать в селекционных программах, возможно с использованием различных генетических и биотехнологических методов (гибридизация, индуцированный мутагенез, отбор и др.). Для повышения эффективности процесса селекции необходимо знание степени их генетической и фенотипической изменчивости (Harlan, 1970; Barrett, Kidwell, 1998).

Цель – разработка теоретических и прикладных основ комплексного подхода к исследованию сельскохозяйственных растений в моделируемых и естественных условиях с учетом погодно-климатических и почвенных факторов.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объект исследования – коллекционный фонд сельскохозяйственных растений (мутантные и гибридные формы, созданные на кафедре ботаники, биотехнологии и ландшафтной архитектуры Тюменского государственного университета; сорта и селекционные образцы из НИИ и государственных сортоиспытательных участков (ГСУ), образцы из мировой коллекции Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова (ВИР)).

При подборе видов и сортов сельскохозяйственных растений нужно учитывать новые и возросшие требования для адаптации сельского хозяйства к изменению климата. В нашей работе мониторинг окружающей среды проводится на основе анализа массива данных, полученных с профессиональных метеостанций iMetos IMT 300 Pussl Instruments (Австрия), AW006 Amtast (США). Выявлены различия по тепло- и влагообеспеченности на экспериментальных участках, расположенных в разных агроэкологических зонах юга Тюменской области. Так в 2024 г. по ГТК получены следующие данные: биостанция ТюмГУ «Озеро Кучак» (подтаежная зона) май – 0,95, июнь – 1,86, июль – 0,76, август – 1,39; Армизонский экспериментальный участок (южная лесостепь): июнь – 1,42, июль – 0,76, август – 1,40; Тюменский экспериментальный участок (северная лесостепь): июнь – 1,49; июль – 1,03; август – 1,13.

Оценка генетических ресурсов растений по устойчивости к биотическим и абиотическим стресс-факторам, продуктивности и качеству урожая, выявление особенностей роста и развития растений осуществляется с использованием методик Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова, Государственного сортоиспытания, Государственных стандартов, Международных классификаторов СЭВ для разных родов.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Создание коллекционного фонда сельскохозяйственных растений выполняется с использованием различных ресурсов генетического разнообразия. В качестве инструмента улучшения культурных растений рассматриваем индуцирование полезных мутаций с помощью химического мутагена фосфемиды ((Phosphemidum) ди-(этиленимид)-пиримидил-2 амидофосфорной кислоты). Начальные цитогенетические исследования с использованием этого мутагена были выполнены на семенах *Crepis capillaris* L. ( $2n = 6$ ). Выявленные перестройки хромосом (симметричные и асимметричные транслокации) и частота проростков с митозами сохранялись в течение трёх месяцев (Вайсфельд, Боме, Татарин, 2022). На основе имеющихся результатов были начаты исследования по применению фосфемиды на сельскохозяйственных культурах (пшеница, ячмень, лен) (табл. 1).

Число мутаций, выявленных во втором поколении ( $M_2$ ) и проверенных в третьем поколении ( $M_3$ ), составило у пшеницы 258, ячменя 112, льна 232. После многократных отборов и оценки по комплексу признаков выделены перспективные образцы по каждой из культур.

Генетическую изменчивость определяем на основе фенотипирования признаков различных категорий: количественные признаки (например, высота растения, длина колоса, линейные размеры флагового листа, геометрические параметры зерновок, содержание хлорофилла в листьях), дискретные или качественные признаки (например, белая, красная черная окраска колоса и зерновок, наличие или отсутствие остей на колосе, опушение на стебле и листьях, симптомы поражения растений фитопатогенными грибами).

Таблица 1

### Источники генетического и фенотипического разнообразия растений

Описание	Исходный материал для мутагенной обработки	Концентрация мутагена, %	Потенциальное использование
Генетическое разнообразие (мутационная и рекомбинационная изменчивость)	1. Яровая пшеница: Скэнт 3, Россия; Сага, Мексика; гибрид $F_4$ Сага x Скэнт 3	0,002; 0,01	1. Различные типы хозяйственно-ценных мутаций. 2. Мутантные популяции: – фундаментальные исследования; – прикладные селекционные программы.
	2. Яровой ячмень: Зерноградский 813, Россия; Dz02-129, Эфиопия; С.1.10995, Перу	0,002; 0,01	
	3. Лен долгунец: Велижский кряж (Россия), Ярок (Беларусь), Ottawa 770 В See (Канада).	0,005; 0,01; 0,1	

Морфологические маркеры основаны на визуально доступных признаках, не требуют дорогостоящей технологии, и рассматриваются как обязательные для отличия растений от генетического загрязнения в полевых условиях.

Биохимические маркеры представляют собой аллельные варианты ферментов (называемые изоферментами), обнаруживаются электрофорезом и специфическим окрашиванием, выявляют разнообразие на уровне функциональных генов. В нашем исследовании электрофорез глиадинов проведен на зерновках пшеницы ( $M_5$ ) в Аналитическом центре по определению качества почвы и растениеводческой продукции ТОО «НПЦ ЗХ имени А.И. Бараева»; на зерновках ячменя – в лаборатории геномных исследований в растениеводстве ТюмНЦ СО РАН. Выявлены новые аллели глиадина и гордеина в мутантных популяциях яровой пшеницы и ярового ячменя, что подтверждает мутагенный эффект фосфемида.

Для отбора стресс устойчивых форм зерновых культур в качестве критериев могут быть использованы: динамика накопления и деградации хлорофилла в листьях, изменчивость массы 1000 семян во взаимосвязи с другими количественными признаками, селекционные индексы (канадский, мексиканский, индекс продуктивности растений, тесно связанные с урожайностью (Боме и др., 2024; Боме и др., 2025; Белозерова А.А. и др., 2024, Базюк Д.А. и др., 2025).

К числу задач первостепенной важности относим включение различных характеристик в процессы скрининга, считаем, что коллекции должны более объемлющими, включая те культуры, которые сейчас считаются второстепенными или нетрадиционными, или недостаточно изученными, что может оказать огромное влияние на решение продовольственных вопросов (табл. 2).

Таблица 2

### Различные источники генетических ресурсов растений

Источники	Культуры	Потенциальное использование
1. Образцы из мировой коллекции ВИР 2. Современные сорта 3. Селекционные линии 4. Дикорастущие виды	1. Традиционные: пшеница, ячмень, овес 2. Недостаточно изученные, забытые, новые: соя, гречиха, лен, люпин, амарант, нуг, сафлор, гуар	1. Исходный материал для селекции 2. Формирование коллекционного фонда 3. Конкурентоспособные виды и сорта культурных растений для использования в хозяйствах АПК и карбоновых фермах.

Изучается достаточность биоклиматических ресурсов Северного Зауралья для выращивания *Glycine max* (L.) Merr.), *Linum usitatissimum* L., *Carthamus tinctorius* L., *Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass, *Amaranthus paniculatus* L., *Fagopyrum esculentum* Moench и возможность их многофункционального использования, что определяет перспективность интродукции культур для регенеративного земледелия. Получены новые данные по диверсификации сельскохозяйственных растений, использованию почвопокровных культур, конструированию многокомпонентных смесей.

Коллекция многолетних растений предназначена для сохранения, поиска видов и внутривидовых форм разного функционального назначения (более 50 видов), выявлены виды с высокой фитонцидной активностью и семенной продуктивностью, что определяет возможность их выращивания в искусственных фитоценозах.

Скрининг генофонда сельскохозяйственных культур на устойчивость к инфекционным болезням, изучение биологии развития фитопатогенных грибов и реакции растений на их воздействие, диагностика болезней позволяют выявить

устойчивые формы растений на естественных и искусственных инфекционных фонах, подобрать биологические средств защиты. По результатам многолетних исследований опубликован Атлас грибных болезней культурных злаков в Тюменской области (2023), создан микологический гербарий (около 1000 образцов), коллекция фитопатогенных грибов (около 250 штаммов).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Генетические ресурсы растений представляют собой хранилище признаков, которые можно использовать для улучшения сельскохозяйственных культур и повышения их устойчивости к изменению климата.

Одна из задач первостепенной важности – пополнение, поддержание жизнеспособности и генетической целостности коллекционного фонда сельскохозяйственных растений с использованием различных ресурсов генетического разнообразия. Дальнейшее изучение и сбор генетических ресурсов растений считаем приоритетными, учитывая высокие темпы утраты генетического разнообразия.

## БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование проведено при поддержке проекта Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № FEWZ-2021-0007 «Адаптивная способность сельскохозяйственных растений в экстремальных условиях Северного Зауралья».

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Sharma S. Pre-breeding for diversification of primary gene pool and genetic enhancement of grain legumes / S. Sharma [et al.] // *Front. Plant Sci.* 2013, 4, 309. – <https://doi.org/10.3389/fpls.2013.00309>.
2. Harlan J.R. Genetic resources in plants / J.R. Harlan // Frankl and Bennett (eds). Roma, Italy, 1970, 24: 843-846.
3. Barrett B.A. Comparison of AFLP and Pedigree-Based Genetic Diversity Assessment Methods Using Wheat Cultivars from the Pacific Northwest / B.A. Barrett, K.K. Kidwell *Crop Science*, 1998, 38 (5): 1271–1278. [doi.org/10.2135/cropsci1998.0011183X003800050026x](https://doi.org/10.2135/cropsci1998.0011183X003800050026x).
4. Боме Н.А., Салех С., Утебаев М.У., Королев К.П., Вайсфельд Л.И. Определение потенциала генетической изменчивости *Triticum aestivum* L., индуцированной с помощью химического мутагена фосфемиды. *Сельскохозяйственная биология*, 2024, 59, 1, 92–105. [doi: 10.15389/agrobiology.2024.1.92rus](https://doi.org/10.15389/agrobiology.2024.1.92rus).
5. Боме Н.А., Салех С., Вайсфельд Л.И. Изменчивость массы 1000 зерен и урожайности мутантных популяций яровой мягкой пшеницы (*Triticum*

aestivum L.) в условиях Северного Зауралья. *Зерновое хозяйство России*. 2025, 17 (3), 5–12. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2025-98-3-5-12>.

6. Базюк Д.А., Белозерова А.А., Боме Н.А. Использование селекционных индексов для оценки коллекционных образцов ярового ячменя *Hordeum vulgare* L. *Аграрная наука*. 2024, 1 (10), 96–103. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-387-10-96-103>.

7. Белозерова А.А., Базюк Д.А., Боме Н.А. Комплексная оценка мутантов ярового ячменя по элементам урожайности. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2024, 185 (1), 27–38. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2024-1-27-38>.

8. Земцова Е.С., Колоколова Н.Н., Боме Н.А. Атлас грибных болезней культурных злаков в Тюменской области: учебное пособие. Министерство науки и высшего образования Российской Федерации [и др.]. – Тюмень: ТюмГУ-Press, 2023.

## GENETIC DIVERSITY OF CULTIVATED PLANTS PROMISING FOR REGENERATIVE PLANT GROWING

Bome N.A.<sup>1</sup>, Belozerova A.A.<sup>1</sup>, Kolokolova N.N.<sup>1</sup>, Weisfeld L.I.<sup>2</sup>, Zemtsova E.S.<sup>3</sup>, Bazyuk D.A.<sup>1</sup>, Cherepanov A.V.<sup>1</sup>, Salekh S.<sup>1</sup>, Prokopyev A.A.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>*University of Tyumen, Tyumen, Russia, bomena@mail.ru*

<sup>2</sup>*Emanuel Institute of Biochemical Physics of the RAS, liv11@yandex.ru*

<sup>3</sup>*Tobolsk Complex Scientific Station of the Ural Branch of the RAS, zemcovaelena@mail.ru*

<sup>4</sup>*Peasant (farm) enterprise of A.A. Prokopyeva ippaa18@yandex.ru*

**Abstract:** A number of issues of “pre-breeding work” are considered: the importance of plant genetic diversity for agricultural crops; the risk associated with the narrowing of the genetic base of modern varieties and climate change; an analysis of methods and available tools for the creation and evaluation of source material for further use in fundamental research and applied breeding programs.

**Key words:** phenotyping, mutagenesis, genotype, resistance, introduction.

# ВЛИЯНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ НОВОГО БИОСТИМУЛЯТОРА ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ НА РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ ГОРОХА СОРТА УСАТЫЙ КОРМОВОЙ

Будынков Н.И., Михалева С.Н., Ульяненко Л.Н., Картабаева Б.Б.,  
Федотова В.А., Федотова А.К., Демин Д.В., Барышев М.Г.

*Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии,  
Большие Вяземы, Россия, kartabaeva040893@mail.ru*

**Аннотация:** Представлены результаты изучения влияния нового биостимулятора из растительного сырья (БС) в концентрациях  $10^{-5}$  и  $10^{-6}$  мл/л при использовании для обработки семян гороха сорта Усатый кормовой (10 л/т совместно с протравителем Скарлет, МЭ) и для обработки посевов (150 мл/га) совместно с пестицидами или самостоятельно (4 раза за сезон). В качестве стандарта использовали росторегулятор Эпин-Экстра, Р (0,2 л/т или 50 мл/га для обработки семян и посевов в те же сроки). Контролем служил вариант без применения стимуляторов. Опыты проведены в камерах искусственного климата (ЦКП ЛИК ФГБНУ ВНИИФ) и в полевых исследованиях. Установлено положительное влияние нового биостимулятора на накопление хлорофилла в листьях растений, развитие корневой системы и накопление биомассы. Отмечена сопоставимая или превосходящая эффективность нового биостимулятора по сравнению с Эпин-Экстра, Р.

**Ключевые слова:** горох посевной, новый биостимулятор, рост и развитие растений.

## ВВЕДЕНИЕ

Одной из функций агрохимикатов с росторегулирующими и адаптогенными свойствами является их способность минимизировать негативное влияние факторов внешней среды (погодные условия, фитотоксичные пестициды, вредные организмы и др.) на развитие растений, процессы фотосинтеза, формирование продуктивности (Shiade S. R. G. et al, 2024). Горох относится к экономически эффективным зернобобовым культурам благодаря высокой способности фиксировать азот атмосферы наряду с его потреблением из почвы (Зотиков В.И. и др., 2019). К обязательным элементам современного производства зернобобовых культур относится комплекс мероприятий, направленных на защиту от вредителей, болезней и сорной растительности. В этот комплекс входит и также предпосевная обработка семян бобовых культур росторегуляторами разной природы как целесообразное агротехническое звено современных экологически ориентированных технологий. Приемы использования стимуляторов роста и развития растений в баковых смесях с пестицидами, хорошо встраиваемые в технологические процессы и не требующие отдельной специальной техники, дают возможность повысить урожайность улучшить качество семян гороха.

Результаты изучения эффективности нового биостимулятора, полученного по разработанной в ФГБНУ ВНИИФ технологии жидкофазного каталитического окисления отходов производства картофеля, подтвердили его позитивное влияние на рост и развитие зерновых культур (Михалева С.Н. и др., 2024), антистрессовые свойства (Амосова Н.В. и др., 2024). Цель настоящего исследования – изучить влияние комплексного применения нового биостимулятора на развитие растений гороха сорта Усатый кормовой.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Вегетационные опыты проводили в 2025 г. на базе Центра коллективного пользования Лаборатории искусственного климата (ЦКП ЛИК) ФГБНУ ВНИИ Фитопатологии. Сосуды, заполненные почвенно-песочным субстратом (соотношение 1:1, 600 г) помещали в климатостат (термолюминостат) СКТБ СПУ КС-200, Россия). Перед посевом субстрат увлажняли до 60% от полной влагоемкости дистиллированной водой. В каждый сосуд высевали по 10 семян гороха и до появления всходов и по всходам субстрат опрыскивали водой для предотвращения пересыхания верхнего слоя. Продолжительность опыта 33 сут. Полевые мелкоделяночные опыты (площадь делянки 10,5 м<sup>2</sup>) проводили на полевой базе института «Раменская горка» (Московская область) в 2025 г. Почва участков дерново-подзолистая, среднесуглинистая, характеризуется кислой реакцией солевой вытяжки  $pH_{КС1} 4,96 \pm 0,12$ , невысоким содержанием гумуса ( $2,0 \pm 0,4$ ). Предшественник – пшеница яровая. Обработка почвы включала вспашку осенью, ранней весной – боронование и две культивации (вторая непосредственно перед посевом). Повторность опытов 4-кратная.

Исследования проводили на горохе посевном (*Pisum sativum* L.) сорта Усатый кормовой. В 2002 г. сорт включен в «Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию в Российской Федерации», рекомендован для возделывания в Волго-Вятском, Северо-Кавказском и Средневолжском регионах. Сорт позднеспелый, растения восприимчивы к антракнозу, корневым гнилям. Посев 18 мая 2025 г.

Новый биостимулятор содержит белок, комплекс аминокислот, макро- и микроэлементы, а также индолилуксусную и абсцизовую кислоты, обладающие биологической активностью, и др. компоненты (Михалева С.Н. и др., 2024). Биостимулятор применяли в концентрациях  $1 \cdot 10^{-5}$  и  $1 \cdot 10^{-6}$  мл/л из расчета 10 л/т семян для предпосевной обработки и 150 мл/га (расход рабочего раствора 400 л/га) – для опрыскивания посевов (варианты БС  $10^{-5}$  и БС  $10^{-6}$ ). В качестве варианта сравнения был выбран росторегулятор с адаптогенными и антистрессовыми свойствами Эпин-Экстра, Р (вариант Эпин-Экстра, стандарт, 0,2 л/т или 50 мл/га).

В вегетационном и полевом опытах семена гороха за сутки до посева обрабатывали фунгицидным протравителем Скарлет, МЭ, 0,4 л/т в баковой смеси с биостимулятором или Эпин-Экстра, Р. Обработку посевов гороха стимуляторами по вегетации в полевом опыте проводили 4-кратно: первая обработка по всходам (3–4 листьев гороха) совместно с инсектицидом Кунгфу Супер, КС (0,2 л/га), вторая – в фазу 6–8 листьев гороха совместно с гербицидом Гермес, МД (0,8 л/га), третья в фазу бутонизации-начала цветения, четвертая в фазу полного цветения растений гороха. Контроль (К) – обработка семян протравителем Скарлет, МЭ без применения биопрепаратов по вегетации.

В конце вегетационного (33 сут после посева) и полевого (55 сут) опытов измеряли длину стебля и массу надземной части и корней растений. Содержание хлорофилла (a+b) в листьях растений (нмоль/см<sup>2</sup>) определяли с помощью LEAF-STATE-ANALYZER LSA-2050 (производитель Heinz Walz GmbH), представляющего собой многофункциональное портативное устройство для неинвазивного анализа листьев на ключевые показатели, характеризующие состояние растений.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В фазу начала бутонизации гороха сорта Усатый кормовой (вегетационный опыт, ЛИК) отмечено снижение длины стебля растений на 16, 18 и 12% по сравнению с контролем в вариантах БС 10<sup>-5</sup> и БС 10<sup>-6</sup> и Эпин-Экстра соответственно (табл. 1).

Таблица 1

### Морфо-физиологические показатели развития растений гороха сорта Усатый кормовой через 33 сут после обработки семян биостимулятором (фаза начала бутонизации). ЦКП ЛИК, ФГБНУ ВНИИФ, Большие Вяземы, 2025

Вариант	Длина стебля, см	Масса надземной части, г	Масса корней, г	Общая масса, г	Содержание хлорофилла (a+b) в листьях, нмоль/см <sup>2</sup>
БС 10 <sup>-5</sup>	8,0*	1,16*	0,46	1,62*	79,2*
БС 10 <sup>-6</sup>	7,8*	1,04*	0,49*	1,52*	64,1*
Эпин-Экстра	8,3	1,03*	0,48	1,51*	75,7*
Контроль	9,5	0,78	0,42	1,20	51,3
<i>НСР</i>	<i>1,3</i>	<i>0,15</i>	<i>0,07</i>	<i>0,22</i>	<i>10,1</i>

\* – различия с контролем значимы при  $p < 0,05$ .

При этом масса надземной части растений (в расчете на 1 растение) во всех вариантах применения стимуляторов возрастала на 32–48% (различия с контролем значимы). Масса корней также увеличивалась, но только для варианта БС  $10^{-6}$  различия с контролем были существенными. Общая масса растений гороха на фоне положительного влияния препаратов как на массу надземной части, так и корней, достоверно отличалась от контрольных величин на 26–35%. Содержание хлорофилла (a+b) в листьях растений гороха во всех опытных вариантах было существенно выше, чем в контроле. Таким образом, предпосевная обработка семян гороха новым биостимулятором способствовала формированию хорошей корневой системы и накоплению биомассы растений спустя ~1 мес после посева. Эффективность применения нового биостимулятора из растительного сырья была сопоставимой или превосходила эффективность росторегулятора Эпин-Экстра, Р.

В полевом мелкоделяночном опыте показатели длины стебля растений гороха сорта Усатый кормовой в фазу созревания при комплексном использовании препаратов в схеме защитных мероприятий от вредных организмов не имели значимых отличий от контроля независимо от применяемого стимулятора (табл. 2).

Таблица 2

**Морфо-физиологические показатели развития растений гороха сорта Усатый кормовой через 55 сут (фаза созревания) после комплексного применения нового биостимулятора для обработки семян и посевов во время вегетации «Раменская горка», ФГБНУ ВНИИФ, Большие Вяземы, 2025**

Вариант	Длина стебля, см	Масса надземной части, г	Масса корней, г	Общая масса, г	Содержание хлорофилла (a+b) в листьях, нмоль/см <sup>2</sup>
БС $10^{-5}$	96,0	41,50	0,67*	42,2	290,7
БС $10^{-6}$	99,0	43,50	0,73*	44,2	293,2*
Эпин-Экстра	93,0	35,00*	0,56	35,6*	351,9*
Контроль	96,5	42,50	0,51	43,0	251,2
<i>НСР</i>	14,4	6,1	0,1	6,2	42,5

\* – различия с контролем значимы при  $p < 0,05$ .

Масса надземной части растений в варианте Эпин-Экстра была ниже, чем в контроле, как и общая масса растения. Отмечено увеличение ( $p < 0,05$ ) массы корней в вариантах с использованием БС, особенно в варианте БС  $10^{-6}$  (на 43%) и тенденция к увеличению общей массы растений. Обращает на себя внимание

значимые положительные различия в содержании хлорофилла (a+b) в вариантах БС 10<sup>-6</sup> и Эпин-Экстра. Наибольшее содержание хлорофилла фиксировали при использовании Эпин-Экстра, Р, хотя морфологические показатели в этом варианте были ниже контрольных значений.

Таким образом, результаты вегетационного опыта в контролируемых условиях (лаборатория искусственного климата) на горохе сорта Усатый кормовой свидетельствуют о достоверном увеличении общей и массы надземной части растений на фоне снижения длины стебля в вариантах БС 10<sup>-5</sup>, БС 10<sup>-6</sup> и Эпин-Экстра по сравнению с контролем. Для этих вариантов характерно было и существенное увеличение содержания хлорофилла в листьях растений в фазу начала бутонизации. В полевых опытах в вариантах БС 10<sup>-5</sup> и БС 10<sup>-6</sup> общая тенденция к увеличению массы растений сохранялась в варианте БС 10<sup>-6</sup>, а показатели содержания хлорофилла были значимо выше контроля в БС 10<sup>-6</sup> и Эпин-Экстра. Следовательно, можно сделать заключение об эффективности использования нового биостимулятора при выращивании гороха. Вместе с тем, требуются дополнительные исследования для разработки регламентов применения препарата в сельскохозяйственной практике.

#### БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена в рамках поисковой бюджетной темы ФГБНУ ВНИИФ № FGGU-2023-0002. Авторы благодарят сотрудников лаборатории сельскохозяйственной экологии микроорганизмов ФГБНУ ВНИИФ за участие в планировании работ.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Амосова Н.В., Севостьянов М.А., Бабина К.В., Азарова А.Б., Демин Д.В., Ульяненко Л.Н., Михалева С.Н., Будынков Н.И., Андреевская В.Н., Картабаева Б.Б. Влияние Биостимулятора из растительного сырья на морфофизиологические, цитогенетические и биохимические показатели проростков ячменя // Достижения науки и техники АПК. – 2024. № 2. Т. 38. С. 4–9. doi:10.53859/02352451\_2024\_38\_2\_0.
2. Зотиков В.И., Цуканова З.Р., Молошонок А.А. Реализация биологического потенциала и особенности семеноводства современных сортов гороха посевного // Научно-производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры» – 2019, № 2 (30), С. 20–26.
3. Михалева С.Н., Будынков Н.И., Ульяненко Л.Н., Демин Д.В., Картабаева Б.Б., Федотова В.А., Севостьянов М.А. Влияние соединений с биологической активностью на рост и развитие растений ячменя. Достижения науки и техники АПК, 2024, 38 (10), 97–103.

4. Shiade S.R.G., Zand-Silakhoor A., Fathi A., Rahimi R., Minkina T., Rajput V.D., Zulfiqar U., Chaudhary T. Plant metabolites and signaling pathways in response to biotic and abiotic stresses: exploring biostimulant applications // *Plant Stress*. 2024. Vol. 12. P. 100–454. doi: 10.1016/j.stress.2024.100454.

## **INFLUENCE OF A NEW BIOSTIMULATOR FROM PLANT RAW MATERIALS APPLICATION ON THE DEVELOPMENT OF PEA PLANTS OF THE USATYI KORMOVOY VARIETY**

Budynkov N.I., Mikhaleva S.N., Ulyanenko L.N., Kartabaeva B.B., Fedotova V.A., Fedotova A.K., Baryshev M.G.

*All-Russian Research Institute of Phytopathology, Bol'shiye Vyazemy, Russia, kartabaeva040893@mail.ru*

**Abstract:** The article presents the results of a study of the influence of a new biostimulant from plant raw materials (BS) in concentrations of 10<sup>-5</sup> and 10<sup>-6</sup> ml/l when used for seed treatment of pea variety Usatyi kormovoy (10 l/t together with the Scarlett seed treatment agent, ME) and for crop treatment (150 ml/ha) together with pesticides or independently (4 times per season). The growth regulator Epin-Extra, R (0.2 l/t or 50 ml/ha for seed and crop treatment at the same time) was used as a standard. The variant without the use of stimulants served as a control. The experiments were conducted in artificial climate chambers (CCU LIQ FGBNU VNIIF) and in field studies. A positive effect of the new biostimulant on the accumulation of chlorophyll in plant leaves, development of the root system and accumulation of biomass was established. Comparable or superior efficiency of the new biostimulant compared to Epin-Extra, R was noted.

**Keywords:** pea, new biostimulant, plant growth and development.

# ФУНГИСТАТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ НОВЫХ ПРОИЗВОДНЫХ МОЧЕВИНЫ ПО ОТНОШЕНИЮ К *ALTERNARIA* И *FUSARIUM IN VITRO*

Васильев Е.С.<sup>1,2</sup>, Андреевская В.М.<sup>1</sup>, Бурмистров В.В.<sup>3</sup>, Васипов В.В.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии,  
Большие Вязёмы, Россия, nikaandreevskai@yandex.ru

<sup>2</sup> РГАУ–МСХА им. К.А. Тимирязева, Москва, Россия tqegor@gmail.com

<sup>3</sup> Волгоградский государственный технический университет,  
Волгоград, Россия, vburmistrov@vtsu.ru

<sup>4</sup> Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт  
генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург,  
Россия, vl.vasipov@gmail.com

**Аннотация:** Исследована фунгистатическая активность шести синтезированных производных мочевины в отношении фитопатогенных грибов *Alternaria protenta* и *Fusarium incarnatum* в условиях *in vitro*. Препараты вносили в питательную среду в двух различных концентрациях, инкубировали в течение оптимального срока для каждого тест-объекта; рост оценивали по среднему диаметру колоний, споруляцию – с использованием камеры Горяева, статистическая значимость подтверждена по критерию НСР<sub>0,05</sub>.

Все соединения проявили ингибирующее действие хотя бы на один из патогенов. Для *Alternaria protenta* действие соединений носило разнонаправленный характер: при 0,1% часть веществ вызывала умеренное угнетение роста, тогда как другие, напротив, способствовали увеличению среднего диаметра колонии. При повышении концентрации до 0,5% проявлялась отчётливая тенденция к усилению ингибирующего эффекта, наиболее выраженного у соединения В1. Активность большинства веществ в отношении *Fusarium incarnatum* была выше – уже при меньшей концентрации отмечалось заметное ограничение роста, хотя визуально степень подавления колоний выглядела менее контрастно, чем у *A. protenta*.

**Ключевые слова:** Производные мочевины; фунгистатическая активность; *Alternaria* sp.; *Fusarium* sp.; фитопатогены.

## ВВЕДЕНИЕ

Сельскохозяйственные культуры повсеместно подвергаются поражению фитопатогенными грибами, вызывающими некрозы, гниение, снижение урожайности и контаминацию продукции микотоксинами. Наиболее широко распространёнными и вредоносными патогенами остаются представители родов *Alternaria* и *Fusarium*, поражающие растения на всех стадиях вегетации [2, 3].

Способность *Alternaria* и *Fusarium* адаптироваться к неблагоприятным условиям и формировать устойчивость к традиционным фунгицидам за счёт мутагенеза и активации систем детоксикации создаёт значительные трудности в

борьбе с ними [1, 4]. Эти процессы, усугубляемые нерациональным применением препаратов, приводят к накоплению резистентных популяций с перекрёстной устойчивостью к целым классам фунгицидов, в связи с чем сохраняется необходимость поиска и внедрения новых высокоэффективных средств защиты растений, включая соединения с фунгицидной активностью, ранее не применявшиеся в растениеводстве.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Лабораторные исследования проводились в Инновационной лаборатории микробиологии отдела безопасности и продуктивности агроэкосистем ФГБНУ ВНИИ фитопатологии, а также на кафедре органической химии Волгоградского государственного технического университета и в отделе биохимии и молекулярной биологии ФИЦ ВИГРР им. Н.И. Вавилова (ВИР).

В качестве питательной среды использовался картофельно-глюкозный агар, приготовленный по ГОСТ 12044–93. Исследуемые вещества – синтезированные в лабораторных условиях производные мочевины (В1–В6), обладающие различной структурной модификацией, – предварительно измельчали в стерильных пробирках типа «Эппендорф» с добавлением этилового спирта в качестве диспергирующего агента; полученные суспензии с концентрацией препаратов 0,1% и 0,5% вносили в расплавленный агар при температуре 50 °С и разливали в простерилизованные чашки Петри.

Штаммы *Alternaria protenta* и *Fusarium incarnatum*, предоставленные для исследования Государственной коллекцией фитопатогенных микроорганизмов ФГБНУ ВНИИФ, предварительно выделяли в чистую культуру в асептических условиях ламинарного бокса. Инокуляция осуществлялась по центру чашки с последующей инкубацией в термостате при температуре 24 °С: для *A. protenta* – в течение 14 суток, для *F. incarnatum* – 7 суток.

Оценка фунгистатической активности проводилась по диаметру роста колонии, измеренному в миллиметрах с точностью до 1 мм по двум взаимно перпендикулярным осям с последующим усреднением полученных значений. Определение спорообразования осуществлялось с использованием камеры Горяева, статистическая обработка включала расчёт достоверности различий по критерию НСР<sub>0,05</sub>.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследования свидетельствуют о достоверном ингибирующем действии исследуемых веществ на развитие фитопатогенов в большинстве вариантов, при этом спорообразование не наблюдалось ни в одном из опытов, что позволяет предполагать выраженное угнетение споруляции. Отсутствие спор

также в контрольном варианте может быть обусловлено летучестью соединений и возможным проникновением паров в контрольные чашки Петри.

Для *Alternaria protenta* реакция на исследуемые химические соединения оказалась неоднородной: при 0,1% отмечались как стимуляция, так и умеренное угнетение роста. Согласно табл. 1, изменения диаметра колонии имели следующие значения: В1 +20%, В2 –16,52%, В3 +5,22%, В4 +19,13%, В5 –13,91%, В6 –20,87%. При увеличении концентрации до 0,5% характер реакции *A. protenta* изменялся – угнетение роста усиливалось по сравнению с более низкой концентрацией, при этом различия между соединениями становились более выраженными. Так, В1 обеспечивал полное подавление роста, В5 и В6 вызывали выраженное уменьшение диаметра колонии (–66,09% и –42,61% соответственно), В2 и В3 демонстрировали умеренное подавление (–26,09% и –11,30%), тогда как В4 при 0,5% не подавлял рост и показал небольшой прирост.

Результаты эксперимента подтверждают статистически значимое снижение роста *Fusarium incarnatum* по сравнению с контролем во всех вариантах обработки ( $НСП_{0,05}$ ). Полное отсутствие спор фиксировалось в вариантах В2 0,1%, В5 0,1%, В1 0,5%, В3 0,5% и В4 0,5%, что указывает на выраженный ингибирующий эффект исследуемых соединений в отношении споруляции патогена. Во всех вариантах опытов диаметр колоний был ниже, чем в контрольной группе: при концентрации 0,1% снижение диаметра составило: В1 – 55,69%, В2 – 64,31%, В3 – 1,96%, В4 – 44,31%, В5 – 18,43%, В6 – 30,20%.

Таблица 1

**Диаметр колонии и количество спор исследуемых грибов**

<i>Alternaria protenta</i> , 14 день культивирования				<i>Fusarium incarnatum</i> , 7 день культивирования			
вариант	средний диаметр, мм	среднее количество спор	Δ d, %	вариант	средний диаметр, мм	среднее количество спор	Δ d, %
контроль	38,3	0	контроль	контроль	85	$4,5 \times 10^6$	контроль
В1 0,1	46		20	В1 0,1	37,7	$4,5 \times 10^6$	–55,69
В2 0,1	32		–16,52	В2 0,1	30,3	0	–64,31
В3 0,1	40,3		5,22	В3 0,1	83,3	$2,5 \times 10^6$	–1,96
В4 0,1	45,7		19,13	В4 0,1	47,3	$7,5 \times 10^6$	–44,31
В5 0,1	33		–13,91	В5 0,1	69,3	0	–18,43
В6 0,1	30,3		–20,87	В6 0,1	59,3	$6 \times 10^6$	–30,2
В1 0,5	0		–100	В1 0,5	0,7	0	–99,22
В2 0,5	28,3		–26,09	В2 0,5	47,3	$3,5 \times 10^6$	–44,31
В3 0,5	34		–11,30	В3 0,5	53,3	0	–37,25
В4 0,5	39		1,74	В4 0,5	20,3		–76,08
В5 0,5	13		–66,09	В5 0,5	13,3	$1 \times 10^6$	–84,31
В6 0,5	22		–42,61	В6 0,5	24	$1,5 \times 10^6$	–71,76

<i>Alternaria protenta</i> , 14 день культивирования				<i>Fusarium incarnatum</i> , 7 день культивирования			
вариант	средний диаметр, мм	среднее количество спор	$\Delta d$ , %	вариант	средний диаметр, мм	среднее количество спор	$\Delta d$ , %
НСР <sub>0,05</sub>		4,45		НСР <sub>0,05</sub>		4,11	

При повышении концентрации до 0,5% антагонистическая активность усиливалась: В1 – 99,22%, В2 – 44,31%, В3 – 37,25%, В4 – 76,08%, В5 – 84,31%, В6 – 71,76%. В целом наиболее выраженное подавление роста у обоих фитопатогенов зарегистрировано в варианте с соединением В1 при концентрации 0,5%, что позволяет рассматривать его как перспективное для дальнейших испытаний в составе фунгицидных препаратов.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гаврилова О.П., Гагкаева Т.Ю. Новые сведения о распространении на территории России гриба *Fusarium langsethiae*, продуцирующего Т-2 и НТ-2 токсины // Вестник защиты растений, 2020. – № 3.
2. Ганнибал Ф.Б., Орина А.С., Левитин М.М. Альтернариозы сельскохозяйственных культур на территории России // Защита и карантин растений, 2010. – № 5.
3. Смук В.В., Шпанев А.М. Изучение влияния минерального питания на развитие и вредоносность альтернариоза картофеля на северо-западе России // Агрехимический вестник, 2020. – № 6.
4. Naqvi S.A.H., Farhan M., Ahmad M., Kiran R., Shahbaz M., Abbas A., Hakim, F., Shabbir, M., Tan, Y.S., & Sathiya Seelan, J.S. (2025). Fungicide resistance in *Fusarium* species: exploring environmental impacts and sustainable management strategies. Archives of microbiology, 207 (2), 31. doi: 10.1007/s00203-024-04219-6.

### FUNGISTATIC ACTIVITY OF NEW UREA DERIVATIVES AGAINST ALTERNARIA AND FUSARIUM IN VITRO

Vasilev E.S.<sup>1,2</sup>, Andreevskaya V.M.<sup>1</sup>, Burmistrov V.V.<sup>3</sup>, Vasipov V.V.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> *All-Russian Scientific Research Institute of Phytopathology, Bolshiye Vyazyomy, Russia, nikaandreevskai@yandex.ru*

<sup>2</sup> *Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia, mqegor@gmail.com*

<sup>3</sup> *Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia, vburmistrov@vtsu.ru*

<sup>4</sup> *Federal Research Center All-Russian Institute of Plant Genetic Resources named after N.I. Vavilov, St. Petersburg, Russia, vl.vasipov@gmail.com*

**Abstract:** The fungistatic activity of six synthesized urea derivatives against the phytopathogenic fungi *Alternaria protenta* and *Fusarium incarnatum* was studied in vitro. The compounds were added to the nutrient medium at two different concentrations and incubated for the optimal period for each test organism. Colony growth was assessed by the mean colony diameter, sporulation was evaluated using a Goryaev chamber, and statistical significance was confirmed by the LSD0,05 criterion.

All compounds exhibited inhibitory effects on at least one of the tested pathogens. In *A. protenta*, the action of the compounds was multidirectional: at 0,1%, some substances caused moderate growth inhibition, while others, on the contrary, stimulated colony expansion. When the concentration increased to 0,5%, a clear trend toward enhanced inhibition was observed, most pronounced for compound B1. The activity of most substances against *F. incarnatum* was higher – even at lower concentrations, a noticeable restriction of growth was recorded, although visually the degree of colony suppression appeared less pronounced than in *A. protenta*.

**Key words:** Urea derivatives; fungistatic activity; *Alternaria* sp.; *Fusarium* sp.; phytopathogens.

# ВЛИЯНИЕ КОМПАКТИНА НА РАЗВИТИЕ КОЛОРАДСКОГО ЖУКА (*LEPTINOTARSA DECEMLINEATA* SAY)

Воробьев Д.А.

*Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии,  
Большие Вязёмы, Россия, grato50@gmail.com*

**Аннотация:** Химические средства защиты растений от вредителей, несмотря на свою эффективность, имеют ряд ограничений, поэтому актуальной является разработка альтернативных подходов. В нашей работе были оценены перспективы подхода, основанного на предотвращении поступления в организм вредных насекомых жизненно необходимых им стеролов. Опыт проводили в лабораторных условиях. Модельным объектом исследования был выбран колорадский жук. Личинок выводили из собранных в природе кладок и выкармливали листьями картофеля сорта Санте, выдержанными сутки в вазоне с водой (контроль) или раствором компактина – ингибитора биосинтеза стеролов – разной концентрации (0,01–0,1%). Показано, что с ростом концентрации компактина достоверно снижается средний вес личинок (на 40,6% от контроля для 0,1% раствора компактина), куколок (на 15,2 и 22,8% и от контроля для 0,05 и 0,1% раствора компактина, соответственно) и имаго (на 14,9 и 22,9% от контроля для 0,05 и 0,1% раствора компактина, соответственно) и увеличивается продолжительность личиночной стадии колорадского жука (на 4 и 4,8 дня для 0,05 и 0,1% раствора компактина, соответственно).

**Ключевые слова:** колорадский жук, *Leptinotarsa decemlineata*, картофель, защита растений, стеролы, ингибиторы ГМГ-КоА редуктазы.

## ВВЕДЕНИЕ

Объем применения средств защиты растений в мировом сельском хозяйстве достаточно велик. Например, в 2022 г. он достиг уровня 3,69 млн. т (ourworldindata.org, 2025). Несмотря на то, что пестициды позволяют сохранить немалую часть урожая, более 30% его уничтожается вредными организмами (Денискина и др., 2021).

Одной из ключевых проблем защиты растений от вредителей является проблема выработки вредителями устойчивости к применяемым пестицидам, в результате чего их применение становится неэффективным (Сухорученко, 2021). В связи с этим представляет интерес поиск иных подходов к задаче контроля численности вредных организмов.

Одним из альтернативных подходов может быть лишение таргетного организма одного или нескольких незаменимых соединений (т. е. соединений, которые данный организм не может синтезировать самостоятельно и должен получать их извне, например с пищей). В этом случае сам организм непосредственно

не подвергается воздействию, что сильно затрудняет выработку им резистентности к применяемым препаратам.

Для насекомых незаменимыми соединениями являются стеролы. Стеролы необходимы для поддержания свойств мембран клеток, а также являются предшественниками стероидных гормонов, в т. ч. экдизона, инициирующего линьку. Поэтому недостаток стеролов в пище влечёт за собой угнетение развития насекомых вплоть до их гибели (Behmer, Nes, 2003).

Ключевым ферментом в биосинтезе стеролов является ГМГ-КоА редуктаза. В связи с этим ингибиторы этого фермента можно рассматривать как потенциальные инсектициды непрямого действия: блокируя синтез стеролов в растениях, они потенциально способны ограничивать поступление их с пищей в организм насекомых, тем самым угнетая их рост и развитие. К ингибиторам ГМГ-КоА редуктазы относятся, в частности, вещества класса статинов (Sirtori, 2014). При этом анализ литературных данных показал, что до настоящего времени статины не рассматривались в качестве инсектицидов непрямого действия.

Целью данной работы было определение влияния одного из таких веществ – компактина – на развитие колорадского жука (*Leptinotarsa decemlineata* Say) – одного из самых опасных вредителей картофеля. Личинка колорадского жука IV-го возраста за день способна съесть целый лист картофеля; учитывая, что самка колорадского жука способна за свою жизнь отложить до 1000 яиц, неудивительно, что потери картофеля от колорадского жука нередко превышают 30% (Фасулати, 2025; Капусткин, 2006).

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Опыт проводили в лабораторных условиях. Исходный материал (кладки яиц) собирали на экспериментальном поле ВНИИФ (Одинцовский район, Московская область). Вышедшие из яиц личинки были случайным образом распределены по четырём группам, по 45 личинок в каждой. Личинок содержали в чашках Петри. В качестве кормового растения был использован картофель сорта Санте. Три группы выкармливали листьями, предварительно на сутки поставленными в вазоны с раствором компактина разной концентрации (0,01, 0,05 и 0,1%). В качестве контроля (четвертая группа) использовали воду. Листья заменяли ежедневно. Личинок взвешивали, начиная с возраста 1 день, куколок и имаго – в первый день соответствующей стадии. Статистическую достоверность различий оценивали при помощи критерия Стьюдента.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты взвешиваний представлены в табл. 1. Согласно полученным данным, компактин оказывал негативное влияние на развитие колорадского жука: по

мере роста его концентрации в растворе и, следовательно, в листьях картофеля, происходило снижение среднего веса личинок, куколок и имаго.

Применение компактина в концентрации 0,01% не оказало достоверного эффекта на оцениваемые параметры развития. В случае использования 0,05% раствора компактина, было отмечено достоверное снижение среднего веса куколок и имаго на 15,2 и 14,9% от контроля, соответственно. Наконец, максимальная концентрация компактина (0,1%) обеспечивала достоверное снижение веса личинок старшего возраста, куколок и имаго на 40,6, 22,8 и 22,9% от контроля, соответственно.

Таблица 1

**Вес личинок, куколок и имаго колорадского жука, выращенных на листьях картофеля при различных концентрациях компактина в воде**

Возраст личинок, дней	Средний вес особи, мг			
	Концентрация компактина, %			Контроль (вода)
	0,1	0,05	0,01	
2	3,05 ± 0,18	3,34 ± 0,17	3,28 ± 0,22	3,17 ± 0,20
5	13,36 ± 1,67	19,06 ± 1,59*	16,50 ± 1,30	14,42 ± 0,95
10	79,20 ± 9,30*	113,33 ± 8,69	134,36 ± 7,93	133,40 ± 8,00
Куколки	103,82 ± 5,79*	114,07 ± 5,07*	126,73 ± 3,95	134,53 ± 4,90
Имаго	100,80 ± 5,61*	111,32 ± 6,97*	121,23 ± 3,79	130,77 ± 4,92

Примечание. Звездочкой отмечены данные, достоверно отличающиеся от контроля ( $p < 0,05$ ).

Данные по продолжительности личиночной стадии представлены в табл. 2. Было выявлено достоверное увеличение продолжительности личиночной стадии на 4 и 4,8 дня для концентраций компактина 0,05 и 0,1%, соответственно.

Таблица 2

**Продолжительность личиночной стадии колорадского жука в зависимости от концентрации раствора компактина, использованного для инкубации листьев картофеля**

	Концентрация компактина, %			Контроль (вода)
	0,1	0,05	0,01	
Продолжительность личиночной стадии, дней	23,1 ± 0,4*	22,3 ± 0,9*	18,6 ± 0,8	18,3 ± 0,5

Примечание. Звездочкой отмечены данные, достоверно отличающиеся от контроля ( $p < 0,05$ ).

Анализ литературных источников показал, что усилия исследователей сосредоточены главным образом на выяснении механизмов прямого действия статинов на биохимию насекомых. При этом статины вводили непосредственно в насекомое путём инъекции, наносили на неповреждённые покровы (Debernard, 1994) либо добавляли в искусственные кормовые смеси (Li, 2017); исследований, в которых статины применяли бы при выкармливании личинок на своём обычном кормовом растении, обнаружить не удалось. В одном из вышеупомянутых исследований (Debernard, 1994) не было выявлено негативного влияния статинов *in vivo* при однократной инъекции в малых и умеренных концентрациях (1–10 мкг на насекомое); при ежедневных инъекциях в концентрации 20 мкг на насекомое автор отмечал некоторое удлинение времени развития личинок при отсутствии влияния на смертность; наконец, использование статинов в высокой концентрации (50–100 мкг на насекомое) приводило к 100% гибели насекомых в течение суток. Во второй работе (Li, 2017) было показано негативное влияние различных статинов на развитие личинок табачного бражника (*Manduca sexta*), но не медоносной пчелы (*Apis mellifera*).

Полученные результаты демонстрируют определённый потенциал рассматриваемого подхода для защиты растений. Уменьшение среднего веса имаго (зимующая стадия), может привести к повышенной смертности колорадского жука во время зимовки, особенно при неблагоприятных погодных условиях. Увеличение продолжительности личиночной стадии может привести к повышенной гибели личинок, развивающихся в конце вегетационного сезона, а также сократить число поколений за год. Для определения оптимальных параметров воздействия необходимо проведение дальнейших исследований, включающих как лабораторные, так и полевые эксперименты.

## БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена в рамках Государственного задания ФГБНУ ВНИИФ (тема № FGGU-2025-0006).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Денискина Н.Ф., Гаспарян Ш.В., Дыйканова М.Е., Левшин А.Г., Гаспарян И.Н. Защита сельскохозяйственных культур от вредных организмов в периоды ухода и хранения. Москва: Редакция журнала «Механизация и электрификация сельского хозяйства», 2021.
2. Капусткин Д.В. Биологические особенности колорадского жука *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera, Chrysomelidae) в Северо-Западном регионе России. Автореф. дисс. канд. биол. наук. Санкт-Петербург – Пушкин, 2009.

3. Сухорученко Г.И. Резистентность вредных организмов к пестицидам – проблема защиты растений второй половины XX столетия в странах СНГ. Вестник защиты растений, 2001, 1, 18–37.
4. Фасулати С.Р. *Leptinotarsa decemlineata* Say – Колорадский жук / Агро-экологический атлас России и сопредельных стран: экономически значимые растения, их болезни, вредители и сорные растения, [https://agroatlas.ru/ru/content/pests/Leptinotarsa\\_decemlineata/](https://agroatlas.ru/ru/content/pests/Leptinotarsa_decemlineata/) (дата обращения 02.09.2025).
5. Behmer S.T., Nes W.D. Insect sterol nutrition and physiology: a global overview. *Adv. Insect Phys.*, 2003, 31, 1–72.
6. Debernard S., Rossignol F., Couillaud F. The HMG-CoA reductase inhibitor fluvastatin inhibits insect juvenile hormone biosynthesis. *Gen Comp Endocrinol.*, 1994, 95, 92–98.
7. <https://ourworldindata.org/grapher/pesticide-use-tonnes> (дата обращения 20.08.2025).
8. Li Y.M., Kai Z.P., Huang J., Tobe S.S. Lepidopteran HMG-CoA reductase is a potential selective target for pest control. *Peer J.*, 2017, 5, e2881.
9. Sirtori C.R. The pharmacology of statins. *Pharmacol Res.*, 2014, 88, 3–11.

## EFFECT OF COMPACTIN ON THE DEVELOPMENT OF COLORADO BEETLE (*LEPTINOTARSA DECEMLINEATA* SAY)

Vorobyev D.A.

*All-Russian Research Institute of Phytopathology, Bolshie Vyazemy,  
Russia, grato50@gmail.com*

**Abstract:** Although chemical plant protection products are effective, they have a number of limitations, making the development of alternative approaches highly relevant. This study evaluated the potential of an approach based on preventing the uptake of vital sterols into harmful insects from their feed. The experiment was conducted under laboratory conditions. Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata*) was chosen as the model organism. Larvae were hatched from eggs collected in the potato field and fed on detached leaves of potato (cv. Sante), which had been pre-incubated for 24 h in a vessel containing either water (control) or a solution of compactin (sterol biosynthesis inhibitor) taken at different concentrations (0.01–0.1%). An increase in the compactin concentration resulted in a significant decrease in the average weight of larvae (by 40.6% compared to the control for the 0.1% compactin), pupae (by 15.2 and 22.8% for the 0.05 and 0.1% compactin, respectively), and imago (by 14.9 and 22.9% for the 0.05 and 0.1% compactin, respectively). Furthermore, it increased the larval stage duration (by 4.0 and 4.8 days for 0.05 and 0.1% compactin, respectively).

**Key words:** Colorado beetle, *Leptinotarsa decemlineata*, potato, crop protection, sterols, HMG-CoA reductase inhibitors.

# РАЗВИТИЕ РЯДА РАСТЕНИЙ И ИХ ПАТОГЕНОВ В УСЛОВИЯХ ИСКУССТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ

Вятчинов А.А., Мельникова В.А., Кузнецова М.А.

*Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии,  
Большие Вяземы, Россия, vyatchinov.l@yandex.ru*

**Аннотация:** Применение света различного спектрального состава при выращивании возбудителей болезней растений на искусственных средах оказывает существенное влияние на развитие фитопатогенов.

**Ключевые слова:** свет, спектр, защищенный грунт, фитопатогены, фитофтороз.

## ВВЕДЕНИЕ

Применяющиеся технологии возделывания сельскохозяйственных культур в условиях защищенного грунта повышают риск возникновения очагов инфекции, которая, в свою очередь, быстро развивается и распространяется по тепличным комплексам [1]. Ситуация усугубляется в том числе стремлением производителей сократить издержки на применение средств защиты растений. В ряде литературных источников описываются способы успешной борьбы с фитопатогенами с использованием света различных длин волн, который подавляет развитие мицелия и спор грибов [2]. Все эти исследования выполнены в различающихся условиях с применением различных методик, что делает малосравнимыми между собой полученные результаты.

Для исследования влияния света на рост и развитие фитопатогенов была разработана единая методика проведения исследований, что позволяет составить достоверную сравнительную таблицу результатов.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для моделирования условий защищенного грунта с источниками искусственного освещения была выбрана трехкамерная установка ФОТОН (АВТех, РФ), оборудованная управляемыми светодиодными светильниками [3].

Были проведены опыты со следующими культурами возбудителей болезней растений: *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, *Alternaria alternata* (Keissler), *Colletotrichum coccodes* (Berk. Et Br.) Taub.), *Rhizoctonia solani* (Kiihn), *Fusarium culmorum* (W.G. Sm.) Sacc.

Варианты опытов отличались между собой параметрами освещения исследуемой культур. Для варианта R100 был установлен круглосуточный режим освещения красным светом 649–665 нм по полувысоте пика на 100% мощности работы установки. Для варианта B100 источник освещения был

настроен на круглосуточную работу в диапазоне 436–453 нм по полувысоте пика при 100% мощности, цвет освещения – синий. В варианте W100 круглосуточно использовался источник белого света с широким спектром в диапазонах 436–454 нм и 538–642 нм по полувысоте пика на максимальной мощности. В следующих вариантах опыта использовались светодиоды красного и синего света, описанные выше (649–665 нм и 436–453 нм по полувысоте пика) на 100% мощности. В варианте RB100 фитопатогены освещались одновременно красным и синим светом круглосуточно. В варианте RB/12 красный и синий свет сменялись через каждые 12 часов, а в варианте RB/4 – каждые четыре часа. В качестве контрольных вариантов были выбраны режимы освещения без использования установки ФОТОН. В варианте Кс культуры фитопатогенов находились в световых условиях, соответствующих условиям освещения лаборатории, а в варианте Кт изолировались от любых источников света.

Исследование растений томата и огурца проводилось в течение первых 40 дней с момента посадки, в течение эксперимента каждые 7 дней проводились контрольные осмотры культур, учитывалась высота стеблей, особенности габитуса растений, наличие симптомов неинфекционных заболеваний, спровоцированных нетипичными спектрами освещения.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

По результатам проведенных опытов было выявлено существенное влияние света на характер и скорость роста мицелия исследованных культур. Так, воздействие света на *P. infestans* приводит к угнетению, что проявляется в снижении темпов роста мицелия, наибольший эффект вызван воздействием синего света. Воздействие света красного цвета на рост и развитие данного патогена не влияет.

Таблица 1

### Диаметр разрастания мицелия фитопатогенов, мм

Вариант\ культура	<i>P. infestans</i>	<i>A. alternata</i>	<i>F. culmorum</i>	<i>C. coccodes</i>	<i>R. solani</i>
R100	29,44	29,86	53,33	32,75	42,25
B100	6	35,43	70	26,25	27,75
W100	17,75	33,29	56,33	31,5	30
RB100	19	39,75	–	19	29,75
RB/12	–	37,25	–	22	33,25
RB/4	–	36	–	21,75	27
Кс	29,38	25,43	40	23	32,75
Кт	30	26,33	32,5	21,5	27,25
НСР05	6,91	2,74	14,47	4,14	3,48

Установлено, что рост культуры *A. alternata* стимулируется при воздействии света, независимо от выбранного спектра. Красный и белый свет оказывают слабое стимулирующее влияние на рост *S. coccodes*, при использовании сложных спектров и чередовании красного и синего света в течение суток не наблюдается значимых отличий в росте у *S. coccodes*, однако отмечаются визуальные отличия в характере роста мицелия: изменение освещения способствует образованию выраженных концентрических колец на поверхности. Синий свет существенно стимулирует рост *F. culmorum*. Красный свет стимулирует рост *R. solani* (таблица 1).

Установлено, что степень реакции растений томата и огурца значительно различается, при этом прослеживается общая тенденция изменения габитуса растений. При чередовании красного и синего света каждые 4 часа у обеих культур формируется нетипично толстый и короткий стебель, а при использовании только красного света проявляется интенсивная антоциановая окраска вегетативных органов, являющаяся типичным симптомом дефицита фосфора.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мучкин И.П., Ефремова И.С., Мучкина Е.Я. Анализ факторов риска распространения фитопатогенов сельскохозяйственных культур [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2023. – № 2. – Режим доступа: [http://agroecoinfo.ru/СТАТЬИ/2023/2/st\\_236.pdf](http://agroecoinfo.ru/СТАТЬИ/2023/2/st_236.pdf). DOI: <https://doi.org/10.51419/202132236>.
2. Carvalho S.D., Castillo J.A. Influence of Light on Plant–Phyllosphere Interaction // Front. Plant Sci. 2018. Т. 9. 1482. 10.3389/fpls.2018.01482.
3. Волков А.В. Установка «Фотон» – это новые возможности в Агрофотонике // Сборник докладов 5-й Международной конференции «Арктика – 2020. Арктика: шельфовые проекты и устойчивое развитие регионов». – Москва: ТПП РФ, 2020. – С. 36–37.

#### DEVELOPMENT OF A NUMBER OF PLANTS AND THEIR PATHOGENS UNDER ARTIFICIAL LIGHTING CONDITIONS

Vyatchinov A.A., Melnikova V.A., Kuznetsova M.A.

*All-Russian Research Institute of Phytopathology, Bolshie Vyazemy,  
Russia, vyatchinov.l@yandex.ru*

**Abstract:** The use of light of various spectral compositions in the cultivation of plant pathogens in artificial environments has a significant impact on the development of phytopathogens.

**Keywords:** light, spectrum, protected soil, phytopathogens, late blight.

# ИДЕНТИФИКАЦИЯ И ПАТОГЕННОСТЬ ВОЗБУДИТЕЛЕЙ ФУЗАРИОЗНОЙ СУХОЙ ГНИЛИ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ В РОССИИ

Гаврилова О.П., Орина А.С., Гагкаева Т.Ю.

*Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений  
(ВИЗР), Санкт-Петербург, Пушкин, Россия, olgavrilova1@yandex.ru*

**Аннотация:** Проведен клубневой анализ 342 партий картофеля, полученных в период 2018–2024 гг. из пяти федеральных округов (ФО) РФ. Оценивали долю партий картофеля с фузариозной сухой гнилью и процентное содержание клубней с симптомами заболевания. Видовую идентификацию грибов *Fusarium*, выделенных из клубней, проводили по сумме морфолого-культуральных признаков, и впоследствии подтверждали с помощью филогенетического анализа мультилокусных последовательностей ДНК. Выделенные фузариевые грибы были отнесены к семи комплексам видов, частота встречаемости которых варьировала в различных ФО. Оценка патогенности штаммов к клубням картофеля сортов Гала, Импала и Ред Леди показала достоверное влияние видовой принадлежности штаммов *Fusarium* на размер вызываемых ими симптомов повреждения клубней. Выявление факторов, влияющих на распространение фузариозной сухой гнили и видовой состав доминирующих патогенов, позволит обосновать мероприятия по снижению рисков инфицирования картофеля.

**Ключевые слова:** *Solanum tuberosum*, *Fusarium*, виды, агрессивность, сорта.

## ВВЕДЕНИЕ

Российская Федерация является одним из крупнейших производителей картофеля в мире, наибольшие объемы валового сбора урожая зафиксированы в Центральном, Приволжском и Сибирском федеральных округах (ФО) (Федеральная служба государственной статистики, 2025). Ежегодно производство и хранение урожая картофеля сопровождается значительными потерями, обусловленными его инфицированностью патогенными микроорганизмами, среди которых особой вредоносностью характеризуются грибы рода *Fusarium*, вызывающие фузариозную сухую гниль клубней (ФСГК). Видовой состав возбудителей этого заболевания значительно варьирует в различных картофелепроизводящих регионах мира (Tiwari et al., 2020).

Применение патоген-ориентированных подходов в современных технологиях возделывания культурных растений актуализирует ценность знаний о точном видовом составе возбудителей ФСГК и их свойствах.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В течение 2018-2024 гг. провели клубневой анализ семенного картофеля из пяти ФО РФ: 73 партии из Приволжского, 179 – из Северо-Западного, 26 – из

Северо-Кавказского, 20 – из Сибирского и 45 – из Центрального ФО. Из каждой партии отбирали среднюю пробу и оценивали наличие клубней с внешними и внутренними признаками поражения ФСГК согласно ГОСТ Р 59551-2021. Учитывали распространённость заболевания – доля (%) партий картофеля из определённого ФО, в которых выявлены клубни с визуально заметными симптомами сухой гнили, а также встречаемость – доля (%) клубней с симптомами ФСГК.

Далее пораженную ткань клубней раскладывали на картофельно-сахарозную агаризованную питательную среду (КСА) в чашки Петри и инкубировали при 23 °С в темноте. Через 7–10 суток из каждой культуры гриба, выросшего из ткани клубня и определённого как представитель рода *Fusarium*, получали моноспоровый изолят. Видовую идентификацию грибов проводили по сумме морфолого-культуральных признаков (Gerlach, Nirenberg, 1982; Nirenberg, 1995), в соответствии с современными представлениями о таксономии рода *Fusarium* (Geiser et al., 2021).

Для изучения свойств грибов *Fusarium*, таксономический статус репрезентативных штаммов разных видов уточняли с помощью филогенетического анализа последовательностей фрагментов генов фактора элонгации трансляции EF-1 $\alpha$  (*tef*) и кодирующего большую субъединицу РНК полимеразы II типа (*rpb2*), информативных для этой группы грибов. Выделение ДНК из мицелия грибов, её амплификацию и секвенирование проводили согласно опубликованной методике (Орина и др., 2024). Полученные нуклеотидные последовательности ДНК анализированных штаммов депонировали в базе данных NCBI GenBank. Методами максимального правдоподобия и Байеса с использованием программ IQ-TREE v. 2.1.2 и MrBayes v. 3.2.1, соответственно, оценивали филогенетические отношения между таксонами.

Для оценки патогенности штаммов инокулировали клубни картофеля трёх сортов Гала, Импала и Ред Леди (Гаврилова и др., 2024). Спустя 28 суток хранения при 23 °С клубни разрезали вдоль оси инокуляции и измеряли симптомы поражения клубня (мм) в перпендикулярных направлениях, рассчитывая среднее значение. Размеры симптомов в каждом варианте оценивали без учёта размеров инокуляционного канала в контроле.

Статистический анализ данных выполняли в программах Microsoft Excel 2010 и STATISTICA 12. Выявленные различия между анализируемыми выборками считали достоверными при  $p < 0,05$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Клубни картофеля с симптомами гнилей, вызванных фузариевыми грибами, встречались в партиях картофеля из всех анализированных ФО РФ: доля партий с ФСГК варьировала от 77% в Северо-Западном до 96% в Северо-Кавказском

ФО. При анализе картофеля из Приволжского ФО выявлены партии, в которых доля клубней с симптомами поражения ФСГК достигала 100% (сорт Гала, 2019 г.). Достоверные различия по встречаемости заболевания за годы исследований установлены между партиями из Северо-Западного ФО, где зараженность клубней грибами была самой низкой (5,7%), и партиями из Центрального (9,3%) и Приволжского ФО (13,5%). Установлено достоверное влияние таких факторов, как происхождение, год урожая, сорт и репродукция картофеля на проявление ФСГК в партиях картофеля (Гагкаева и др., 2025).

Идентификация изолятов, выделенных из клубней, выявила представителей семи комплексов видов *Fusarium* – *F. sambucinum* (FSAM), *F. oxysporum* (FO), *F. tricinctum* (FT), *F. incarnatum-equiseti* (FIE), *F. redolens* (FR), *F. solani* (FS) и *F. nisikadoi* (FN). Чаше остальных видов, в микобиоте клубней картофеля, выращенного в Сибирском, Центральном и Северо-Западном ФО, встречались представители комплекса видов FSAM (табл. 1): *F. sambucinum* превалировал повсеместно, *F. sporotrichioides* и *F. graminearum* встречались в Центральном ФО, а один штамм *F. venenatum* выявлен в Северо-западном ФО.

Таблица 1

**Разнообразие фузариевых грибов, выделенных из клубней картофеля с симптомами сухой гнили из различных федеральных округов РФ**

Федеральный округ РФ	Число штаммов	Доля штаммов, относящихся к комплексам видов <i>Fusarium</i> , %						
		FSAM	FO	FT	FIE	FR	FS	FN
Приволжский	12	16,7	16,7	8,3	16,7	33,3	8,3	0
Северо-Западный	38	34,2	10,5	28,9	13,2	5,3	5,3	2,6
Северо-Кавказский	16	6,3	68,8	12,3	0	6,3	6,3	0
Сибирский	9	66,7	22,2	0	11,1	0	0	0
Центральный	35	57,1	20,0	11,5	5,7	0	5,7	0
<b>В среднем</b>		<b>38,2</b>	<b>23,6</b>	<b>16,4</b>	<b>9,1</b>	<b>6,4</b>	<b>5,4</b>	<b>0,9</b>

Представители комплекса видов FO, в том числе *F. oxysporum*, *F. nirenbergiae*, *F. fabacearum*, *F. odoratissimum*, встречались во всех регионах, но их значительное доминирование отмечено в Северо-Кавказском ФО, что предполагает высокую адаптированность этих грибов к условиям обитания в этом регионе. Среди представителей комплекса видов FT, выявленных повсеместно за исключением Сибирского ФО, превалировал вид *F. avenaceum*, который является типичным патогеном зерновых культур. Также единично отмечены *F. acuminatum*, *F. flocciferum*, *F. torulosum* и *F. tricinctum*. Из представителей FIE, вид *F. equiseti* выявлен во всех анализированных ФО, кроме Северо-Кавказского, также еди-

нические штаммы видов *F. clavus* и *F. flagelliforme* идентифицированы в Сибирском и Северо-Западном ФО, соответственно. Гриб *F. redolens* с высокой частотой выявлен в Приволжском ФО, и единично встречался в Северо-Западном и Северо-Кавказском ФО. Встречаемость грибов комплекса видов FS являлась относительно низкой, по сравнению с представителями других комплексов видов. Молекулярно-генетический анализ позволил идентифицировать среди них виды *F. mori*, *F. noneumartii*, *F. stercicola* и *F. vanettenii*. Один штамм *F. commune*, относящийся к комплексу видов FN выявлен в Северо-Западном ФО.

Установлено достоверное влияние видовой принадлежности штаммов *Fusarium* на размер вызываемых ими симптомов повреждения клубней (при  $p < 0,0001$ ). В нашем исследовании наиболее агрессивными к клубням оказались штаммы *F. commune*, *F. oxysporum*, *F. nirenbergiae*, *F. fabacearum*, а также *F. graminearum*, *F. sambucinum*, *F. noneumartii* и *F. avenaceum* (рис. 1). Наименее агрессивными к клубням картофеля разных сортов были штаммы *F. equiseti*, *F. flagelliforme*, *F. redolens*, *F. sporotrichioides*, *F. venenatum*, *F. flocciferum* и *F. torulosum*.

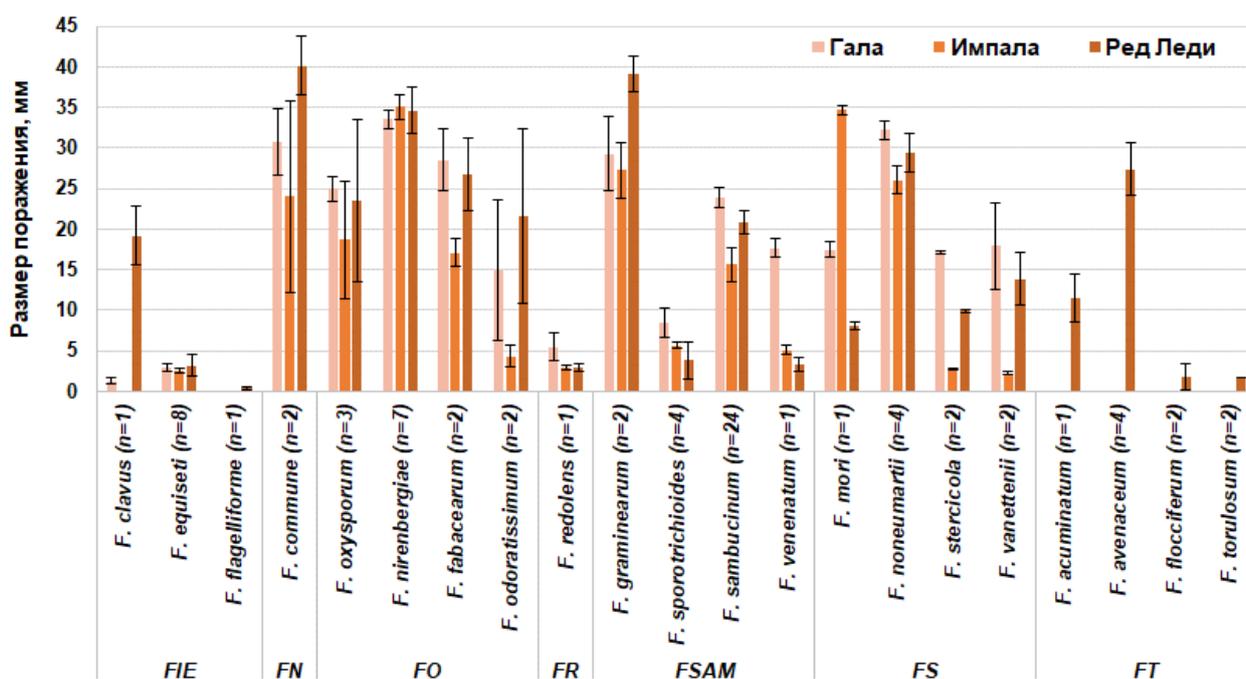


Рис. 1. Патогенность грибов *Fusarium* к клубням картофеля разных сортов (23 °C, 4 недели, без освещения)

Видовые особенности и агрессивность гриба могут существенно влиять на глубину проникновения инфекции в ткани клубня и на промежуток времени, в течение которого картофель может храниться без потерь урожая. Поскольку в тканях гниющего картофеля вслед за агрессивным этиологическим агентом (патогенный микробиот или бактерия), а также в механически поврежденных

клубнях, могут поселяться и успешно развиваться сапротрофные и некротрофные организмы, то частая встречаемость определенного гриба не всегда обусловлена его патогенностью.

Полученные результаты могут служить отправной точкой для будущих исследований, включающих мониторинг ФСГК в различных регионах, оценку разнообразия комплекса возбудителей и его изменения под влиянием условий окружающей среды, установление трофической специализации грибов, что станет основой усовершенствованных стратегий возделывания картофеля.

## БЛАГОДАРНОСТИ

Работа поддержана Российским научным фондом (проект № 19-76-30005).

Авторы благодарны старшему научному сотруднику ВИЗР, к.б.н. Хютти А.В. за предоставленные образцы клубней картофеля и лаборанту-исследователю ВИЗР Трубину И.И. за техническую помощь в анализе патогенности грибов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гаврилова О.П., Орина А.С., Трубин И.И., Гагкаева Т.Ю. Патогенность грибов рода *Fusarium* к клубням *Solanum tuberosum* L. разных сортов / В книге: Современная микология в России. Т.10. Материалы международного микологического форума. М.: Национальная академия микологии, 2024, 243–244.
2. Гагкаева Т.Ю., Орина А.С., Гаврилова О.П., Трубин И.И., Хютти А.В. Распространение фузариозной сухой гнили клубней картофеля в Российской Федерации. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*, 2025, 26 (1), 98–106.
3. ГОСТ Р 59551-2021. Картофель семенной. Отбор проб и методы диагностики фитопатогенов. Москва: Стандартинформ, 2021. 23 с.
4. Орина А.С., Гаврилова О.П., Трубин И.И., Гагкаева Т.Ю. Грибы комплекса видов *Fusarium solani* в микобиоте клубней картофеля: видовое разнообразие, патогенность и чувствительность к фунгицидам. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 2024, 16 (6), 286–312.
5. Федеральная служба государственной статистики. Валовые сборы и урожайность сельскохозяйственных культур по Российской Федерации в 2023 году. Часть 2. [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Val-2\\_2023.xlsx](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Val-2_2023.xlsx) (дата обращения: 31.07.2025).
6. Geiser D.M., Al-Hatmi A.M.S., Aoki T., Arie T., Balmas V., Barnes I. et al. Phylogenomic analysis of a 55.1 kb 19-gene dataset resolves a monophyletic *Fusarium* that includes the *Fusarium solani* species complex. *Phytopathologia*, 2021, 111 (7), 1064–1079.

7. Gerlach W., Nirenberg H. The genus *Fusarium* – a pictorial atlas. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt Für Land- und Forstwirtschaft, Berlin – Dahlem. 1982, 209, 1–405.

8. Nirenberg H.I. Morphological differentiation of *Fusarium sambucinum* Fuckel sensu stricto, *F. torulosum* (Berk. & Curt.) Nirenberg comb. nov. and *F. venenatum* Nirenberg sp. nov. Mycopathologia. 1995, 129, 131–141.

9. Tiwari R.K., Kumar R., Sharma S., Sagar V., Aggarwal R., Naga K.C. et al. Potato dry rot disease: current status, pathogenomics and management. 3 Biotech. 2020, 10 (11), 503.

## IDENTIFICATION AND PATHOGENICITY OF FUNGI CAUSING FUSARIUM DRY ROT OF POTATO TUBERS IN RUSSIA

Gavrilova O.P., Orina A.S., Gagkaeva T.Yu.

*All-Russian Institute of Plant Protection (VIZR), Saint-Petersburg, Pushkin,  
Russia, olgavrilova1@yandex.ru*

**Abstract:** An analysis of tubers from 342 potato batches obtained in 2018–2024 from five Federal Districts (FD) of the Russian Federation was carried out. The proportion of potato batches affected by *Fusarium* dry rot and the occurrence of tubers with disease symptoms were estimated. The identification of *Fusarium* fungi isolated from the tubers was performed based on a combination of morphological and cultural characteristics and then it was confirmed by phylogenetic analysis of multilocus DNA sequences for representative strains. The isolated *Fusarium* fungi belong to seven species complexes, the frequency of occurrence of which varied in different FD. Evaluation of the strains' pathogenicity to potato tubers of varieties Gala, Impala, and Red Lady revealed a strong dependence of the severity of tuber damage symptoms on the *Fusarium* species. Determining the factors influencing a spread of *Fusarium* dry rot and the species composition of dominant pathogens will allow developing an effective strategy for protecting potatoes from the disease.

**Key words:** *Solanum tuberosum*, *Fusarium*, species, aggressiveness, varieties.

# РАЗНООБРАЗИЕ ГРИБОВ КОМПЛЕКСА ВИДОВ *FUSARIUM FUJIKUROI* НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

Гагкаева Т.Ю., Орина А.С., Гаврилова О.П.

*Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений (ВИЗР), Санкт-Петербург, Пушкин, Россия, t.gagkaeva@mail.ru*

**Аннотация:** Грибы рода *Fusarium* играют разнообразные экологические роли и ведут эндوفитный, сапрофитный и патогенный образ жизни. В последние годы активно начался процесс изучения хранящихся штаммов грибов в коллекции микроорганизмов лаборатории микологии и фитопатологии ВИЗР, в которой собрано несколько тысяч культур грибов рода *Fusarium*, выделенные из различных растений и географически отдалённых регионов мира. В нашем исследовании 69 штаммов российского происхождения, морфологически идентифицированных как представители комплекса *Fusarium fujikuroi*, были ре-идентифицированы с использованием полифазного таксономического подхода, который интегрировал мультилокусный филогенетический анализ последовательностей фрагментов генов, информативных для этой группы грибов: фактора элонгации трансляции EF-1 $\alpha$ ,  $\beta$ -тубулина и кодирующего большую субъединицу РНК полимеразы II типа, морфологическую характеристику и оценку токсинопродуцирующей способности. В результате было описано два новых вида (*Fusarium bilaiiae*, *F. neoglobosum*), а также вид *F. temperatum* был выделен из нового вида растения-хозяина. Данное исследование показывает расширение возможностей в выявлении разнообразия грибов *Fusarium*, изучении их свойств и имеет большое значение для защиты растений от болезней.

**Ключевые слова:** *Fusarium fujikuroi*, морфология, таксономия, филогения, новые виды.

## ВВЕДЕНИЕ

Оценка биоразнообразия грибов рода *Fusarium* сталкивается со сложностью идентификации и дифференциации видов, вследствие ограниченности и нестабильности их морфологических признаков. Виды *Fusarium* являются патогенами и/или эндوفитами растений, зачастую вызывают широкий спектр вредоносных болезней различных сельскохозяйственных культур (Munkvold, 2003; Bakan et al., 2002; Blandino et al., 2008). Комплекс видов *Fusarium fujikuroi* (FF) представляет одну из наиболее крупных клад в пределах рода *Fusarium* и является ярким примером значительных преобразований представлений о границах видов. Ранее все они были объединены в один таксон – *F. moniliforme* J. Sheld. (1904), концепция которого давно устарела и не отвечает генетическому разнообразию этой группы грибов (Гагкаева, Левитин, 2005). Сравнительные морфологические и молекулярно-филогенетические исследования позволили установить, что комплекс видов FF представлен более 90 различными видами, но это далеко не полный список возможного разнообразия (FUSARIOID-ID database).

Повышенный интерес к грибам данного комплекса дополнительно определяется их способностью к образованию структурно разнообразных вторичных метаболитов, включая фитогормоны – гиббереллины, ауксины и цитокинины, а также микотоксины – фумонизины группы В, боверицин, монилиформин и др. (Proctor et al., 2010).

В последние годы, при активном внедрении в микологические исследования методов, основанных на анализе полиморфизма ДНК, возникла возможность точно идентифицировать морфологически трудноразличимые виды и определять их филогенетическое родство. Получение объективных знаний об ареалах, патогенно-хозяйственных взаимоотношениях, биофункциональных особенностях грибов FF возможно только на основании информации, полученной при изучении свойств корректно идентифицированных штаммов.

В коллекции микроорганизмов лаборатории микологии и фитопатологии ВИЗР хранятся несколько сотен культур грибов, морфологически отнесенные к видам FF, выделенных начиная с 1981 года из широчайшего разнообразия растений и географически отдалённых регионов мира. Видовая принадлежность многих из них требует уточнения согласно современным представлениям о таксономии грибов *Fusarium*. Цель исследования – идентификация штаммов *Fusarium*, отнесенных к комплексу *Fusarium fujikuroi*, с использованием полифазного таксономического подхода.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Таксономический статус 69 штаммов российского происхождения, морфологически идентифицированных как разные виды FF, определяли или уточняли с помощью филогенетического анализа последовательностей фрагментов генов фактора элонгации трансляции EF-1 $\alpha$  (*tef*),  $\beta$ -тубулина (*tub*) и кодирующего большую субъединицу РНК полимеразы II типа (*rpb2*), информативных для этой группы грибов. Выделение ДНК из мицелия грибов, её амплификацию, секвенирование и филогенетический анализ проводили согласно опубликованной методике (Gagkaeva et al., 2023; 2025).

Токсинопродуцирующую способность штаммов разных видов комплекса FF оценивали при культивировании на автоклавированном рисе с последующим размолотом, экстракцией метаболитов и их разделением методом ВЭЖХ-МС (Gagkaeva et al., 2023; 2025).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Грибы комплекса FF при культивировании на питательных средах образуют макроконидии, а также микроконидии на моно- и полифиалидах, собранные в ложные головки и/или цепочки, и не формируют хламидоспоры (Рис. 1). Однако

суммы визуально заметных культуральных и микроскопических характеристик грибов недостаточно для видового разнообразия (O'Donnell et al., 1998; Yilmaz et al., 2021).

Выявленный полиморфизм таксономически значимых участков генома и проведенный филогенетический анализ позволили среди выбранных для исследований штаммов FF корректно идентифицировать семь филогенетических видов, из которых два – новые для науки. Самая многочисленная группа штаммов относилась к виду *F. proliferatum*, обладающему широким генетическим полиморфизмом. Этот гриб распространён повсеместно и ассоциирован с различными растениями (Proctor et al., 2010).

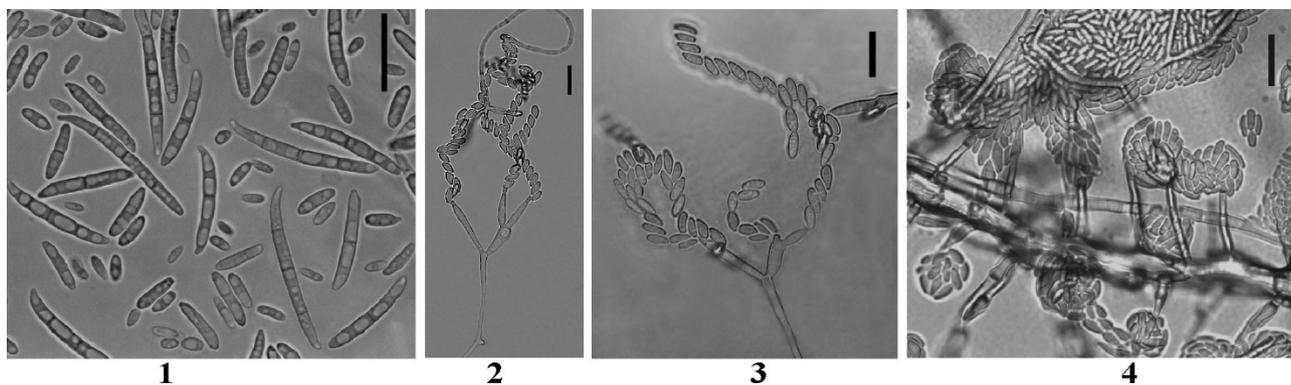


Рис. 1. Морфологические структуры, характерные для видов комплекса *Fusarium fujikuroi*.

1. Макроконидии и микроконидии;
- 2, 3. Микроконидии в цепочках на моно- и полифалидных клетках;
4. Микроконидии в ложных головках на монофалидных клетках. Шкала = 20 мкм.

В 2023 г. нами был описан и охарактеризован вид *Fusarium bilaiiae* Gagkaeva, Orina, Gomzhina & Gavrilova (номер в MycoBank MB844801), штаммы которого были выделены из ткани стеблей подсолнечника с симптомами некрозов, собранных в 2018 г. в Белгородской области РФ (Gagkaeva et al., 2023). Двумя годами позже был описан вид *F. neoglobosum* Gagkaeva, Orina & Gavrilova (MycoBank MB856570), встречающийся в зерне ячменя и пшеницы, выращенных в нескольких областях Уральского региона и Западной Сибири и в Воронежской области РФ. Впервые это гриб был выделен в 2017 г. из зерна ячменя из Новосибирской области и идентифицирован как *F. globosum* (Gagkaeva et al., 2019), а в последствие переопределен (Gagkaeva et al., 2025).

К другой интересной находке можно отнести выявление *F. temperatum*, близкородственного виду *F. subglutinans*, в микобиоте пшеницы и рапса. Этот гриб был впервые идентифицирован нами на территории РФ в 2024 г. Длительное время полагали, что *F. temperatum* имеет приуроченность только к кукурузе, однако исследования нашей группы и зарубежных коллег показали, что круг рас-

тений-хозяев *F. temperatum* шире (Van Coller et al., 2022; Orina et al., 2024). Отчетливых различий между анализированными штаммами *F. temperatum* и *F. subglutinans* по культуральным характеристикам и микроморфологическим структурам не выявлено, что указывает на возможность их точной идентификации только с привлечением молекулярно-генетических методов (Гагкаева и др., 2024; Suska et al., 2024).

Проведённая нами оценка токсинопродуцирующей способности штаммов разных видов комплекса FF (Гагкаева и др., 2024 Gagkaeva et al., 2023, 2025; Gavrilova et al., 2025) показывает вариабельность этого признака не только у близкородственных видов, но и штаммов одного вида, среди которых могут встречаться как активные продуценты микотоксинов, так и нетоксигенные (табл. 1).

Таблица 1

**Токсинопродуцирующая способность штаммов грибов комплекса видов *Fusarium fujikuroi* (автоклавированный рис, 25 °С, 14 суток)**

Вид <i>Fusarium</i> (число штаммов)	Количество микотоксинов (мин-макс), мг/кг				
	ФУМ В1*	ФУМ В2	ФУМ В3	БОВ	МОН
<i>F. proliferatum</i> (12)	71,1–6174,6	11,5–2661,3	5,9–587,8	64,4–454,6	0–6,6
<i>F. subglutinans</i> (2)	0	0	0	0	0
<i>F. temperatum</i> (2)	0	0	0	1,7; 6,1	0; 3,4
<i>F. bilaiae</i> (2)	0	0	0	0	0,4; 1,5
<i>F. neoglobosum</i> (10)	0–3590,6	0–373,0	0–2296,5	0–33,8	0

Примечание. \*ФУМ В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>3</sub> – фумонизины В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub> и В<sub>3</sub>, БОВ – боверицин, МОН – монилиформин.

Современная дефиниция таксона содержит детальное описание, включающее его филогенетическое положение, морфологические, физиологические и другие характеристики. Совокупность результатов, полученных различными методами, даёт надёжное основание для описания новых для науки таксонов грибов и позволяет на новом уровне решать различные исследовательские задачи в процессе изучения разнообразия грибов.

### БЛАГОДАРНОСТИ

Работа поддержана Российским научным фондом (проект № 19-76-30005). Авторы благодарны к.с.-х.н. Н.Н. Гогиной (ВНИТИП) за помощь в анализе микотоксинов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гагкаева Т.Ю., Гаврилова О.П., Орина А.С. Дифференциация грибов *Fusarium temperatum* и *F. subglutinans* из комплекса видов *F. fujikuroi*. Микология и фитопатология, 2024, 58 (1), 54–68.
2. Гагкаева Т.Ю., Левитин М.М. Современное состояние таксономии грибов комплекса *Gibberella fujikuroi*. Микология и фитопатология, 2005, 39 (6), 3–14.
3. FUSARIOID-ID database, <https://www.fusarium.org>. Westerdijk Fungal Biodiversity Institute, the Netherlands. Дата обращения: 8.08.2025.
4. Gagkaeva T., Gavrilova O., Orina A. First report of *Fusarium globosum* associated with barley grain in the southwestern part of Siberia. Plant Disease, 2019, 103 (3), 588.
5. Gagkaeva T.Yu., Orina A.S., Gavrilova O.P. *Fusarium neoglobosum*, a novel species within the Asian clade of *Fusarium fujikuroi* complex. Mycologia, 2025, 117 (5), 1–18.
6. Gagkaeva T.Yu., Orina A.S., Gomzhina M.M., Gavrilova O.P. *Fusarium bilaiae*, a new cryptic species in the *Fusarium fujikuroi* complex associated with sunflower. Mycologia, 2023, 115 (6), 787–801.
7. Gavrilova O.P., Orina A.S., Gagkaeva T.Yu., Gogina N.N. The toxin-producing ability of *Fusarium proliferatum* strains isolated from grain. Acta Naturae, 2025, 17, 1, 20–28.
8. O'Donnell K., Cigelnik E., Nirenberg H.I. Molecular systematics and phylogeography of the *Gibberella fujikuroi* species complex. Mycologia, 1998, 90 (3), 465–493.
9. Orina A.S., Gagkaeva T.Y., Gavrilova O.P. Novel cruciferous plant host of *Fusarium temperatum*, a species mainly associated with maize. Australasian Plant Disease Notes, 2023, 18, 37.
10. Proctor R.H., Desjardins A.E., Moretti A., Gullino R.N., Strange M.L. Biological and chemical complexity of *Fusarium proliferatum*. Plant Pathology in the 21st Century, 2010, 3, 97–111.
11. Susca A., Villani A., Haidukowski M., Epifani F., Logrieco A.F., Moretti A. Molecular biodiversity in *Fusarium subglutinans* and *F. temperatum*: a valuable tool to distinguish the two sister species and determine the beauvericin chemotype. Journal of Fungi, 2024, 10 (11), 785.
12. Van Coller G.J., Rose L.J., Boutigny A.-L., Ward T.J., Lamprecht S.C., Viljoen A. The distribution and type B trichothecene chemotype of *Fusarium* species associated with head blight of wheat in South Africa during 2008 and 2009. PLoS One, 2022, 17, e0275084.
13. Yilmaz N., Sandoval-Denis M., Lombard L., Visagie C.M., Wingfield B.D., Crous P.W. Redefining species limits in the *Fusarium fujikuroi* species complex. Persoonia, 2021, 46, 129–162.

## DIVERSITY OF FUNGI OF THE *FUSARIUM FUJIKUROI* SPECIES COMPLEX IN RUSSIA

Gagkaeva T.Yu., Orina A.S., Gavrilova O.P.

*All-Russian Institute of Plant Protection (VIZR), Saint-Petersburg, Pushkin,  
Russia, t.gagkaeva@mail.ru*

**Abstract:** *Fusarium* fungi play various ecological roles and may lead endophytic, saprophytic and pathogenic lifestyle. In recent years, fungal strains maintaining in the collection of microorganisms of the laboratory of mycology and phytopathology of VIZR, which contains several thousand cultures of *Fusarium* fungi, isolated from various plants and geographically remote regions of the world, has been actively studied. In our study, 69 strains of Russian origin, morphologically identified as representatives of the *Fusarium fujikuroi* complex, were subjected to a polyphasic taxonomic approach that integrated multilocus phylogenetic analysis of sequences of the gene fragments informative for this group of fungi: translation elongation factor EF-1 $\alpha$ ,  $\beta$ -tubulin and encoding the large subunit of RNA polymerase type II, morphological characteristics, and mycotoxins analysis. As a result, two new species (*Fusarium bilaiae*, *F. neoglobosum*) were described, and the species *F. temperatum* was detected on a new host plant species. This study demonstrates the expansion of possibilities in identifying the diversity of *Fusarium* fungi, studying their properties and is of great importance for plant disease protection.

**Key words:** *Fusarium fujikuroi*, morphology, taxonomy, phylogeny, new species.

# ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФОРМУЛЯЦИЙ ПРОТРАВИТЕЛЕЙ ПРИ ИНТРОДУКЦИИ ФАСОЛИ ЗЕРНОВОЙ В ЮЖНО-ТАЕЖНОЙ ЗОНЕ

Гаджикурбанов Н.А., Кудинов А.В.

*Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии,  
Большие Вяземы, Россия, gadzhikurbanov.n@betaren.ru*

**Аннотация:** Фасоль зерновая представляет актуальность, как продовольственная культура и предшественник в севооборотах. Появление новых сортов Купава и Гелиада позволило расширить ареал возделывания до южно-таёжной зоны. Интродукция сопряжена с новыми фитосанитарными рисками проявления болезней. В 2022–2025 годах на опытном поле ФГБНУ ВНИИФ исследованы новые для зерновой фасоли формуляции протравителей. Выявлено, что наибольший эффект получен после применения фунгицидов на основе микроэмульсий. В борьбе с корневыми поражениями лучший результат достигнут в формуляциях 50 г/л имазалила + 30 г/л тебуконазола + 20 г/л мефеноксама и 40 г/л флудиоксопила + 40 г/л имазалила + 15 г/л мефеноксама.

**Ключевые слова:** фасоль, протравители, корневые гнили, микроэмульсии.

## ВВЕДЕНИЕ

Обеспечение стабильного производства зерновой фасоли в новых регионах культивирования возможно за счёт снижения фитосанитарных рисков. Комплекс болезней растений фасоли составляют преимущественно патогенные грибы, которые локализуются на листьях (*Colletotrichum*), плодах (*Alternaria*, *Penicillium*, *Botrytis*), корневой системе и стебле (*Fusarium*, *Colletotrichum*). Наибольшую вредоносность посевам оказывают антракноз и фузариоз, распространение которых происходит через семена и проростки. Применение традиционных однокомпонентных протравителей в борьбе с этими патогенными организмами полностью не обеспечивает защиту посевов [1, 2]. Это связано с комплексностью инфекции и возникновением резистентности. Также традиционные протравители семян бобовых культур приготовлены на основе концентратов суспензий и водно-суспензионных концентратов. Семена фасоли имеют гидрофобную кутикулу. При нанесении на их поверхности суспензий происходит скатывание рабочего раствора, и плохое прилипание к оболочкам семени, что приводит к некачественной обработке и, как следствие, снижению эффективности действия препаратов. Использование протравителей на основе микроэмульсий решает эту задачу. Формуляции на их основе равномерно покрывают оболочки семян фасоли, не скатываются и хорошо прилипают, что обеспечивает высокую степень защиты [3].

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Целью работы были исследования эффективности новых для фасоли формуляций протравителей, выполненных на основе микроэмульсий в борьбе с инфекционными грибными болезнями на дерново-подзолистых почвах южно-таёжной зоны. Полевые опыты проведены в 2022–2025 годах в хозяйстве Раменская горка Одинцовского района Московской области. В схеме опыта были следующие формуляции: 50 г/л имазадила + 30 г/л тебуконазола + 20 г/л мефеноксама (образец 1) и 40 г/л флудиоксонала + 40 г/л имазадила + 15 г/л мефеноксама (образец 2). В качестве эталона принят 10 г/л мефеноксама + 25 г/л флудиоксонала (образец 3) в виде концентрата суспензии. В опыте использовали два новых перспективных для интродукции в южно-таёжной зоне сорта фасоли зерновой – Купава и Гелиада.

Учёт болезней проводили в фенологические фазы полных всходов, 2–4 настоящих листа, в период цветения и плодоношения. Распространённость и развитие определяли по общепринятым в фитопатологии методикам. Для подтверждения выявленных болезней диагностику возбудителей проводили на базе лаборатории ФГБНУ ВНИИФ путём посевов на твёрдую агаризованную питательную среду с дальнейшим микробиологическим анализом результатов.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Эффективность исследуемых препаратов оценивали путем наблюдения за показателями роста растений фасоли. Фенологические наблюдения зафиксировали, что в образце 1 наблюдалось значительное увеличение длины растения, составившее 66 см. Этот показатель превысил контрольное значение в 1,5 раза. Образцы 1 и 2 на основе микроэмульсии продемонстрировали сопоставимые результаты по росту растений, незначительно превысив контрольный вариант.

Анализ количества зерен выявил максимальное значение на образцах от 3 до 13 штук. Действие трехкомпонентной формуляции образца 1 привело к образованию 7 зерен, образца 2–10, в то время как в контрольном варианте было получено 6 зерен. Также было отмечено увеличение размера зерен. Согласно данным, представленным в таблице, масса бобов в опытном варианте с образцом 1 составила 29,9 г, что демонстрирует высокий результат по сравнению с контролем (8,56 г). Вариант 2 показал аналогичные результаты, превысив контрольное значение в среднем на 6,34 г.

Полевые эксперименты показали, что применение трехкомпонентного фунгицида в условиях высокой естественной инфекционной нагрузки эффективно снижает показатель распространенности опасных фитопатогенных грибковых заболеваний фасоли. Отмечено снижение распространенности альтернариоза на 11,5%, фузариоза на 26,2% и бактериозов на 5,2%. Оптимальная

норма внесения препарата составила 2,0 л/т, при которой были зафиксированы статистически значимые различия по сравнению с контролем и вариантами с уменьшенными нормами внесения. Таким образом, при расходе 2,0 л/т показатели зараженности составили 2,3% (альтернариоз), 0% (фузариоз) и 2,9% (бактериозы), что свидетельствует о высокой эффективности трёхкомпонентных микроэмульсий. Самый низкий уровень развития болезней (1,6%) был зафиксирован в эксперименте при использовании 2,0 л/т.

Таблица 1

**Результаты исследования влияния трёхкомпонентных микроэмульсий  
в защите зерновой фасоли в полевом опыте  
(в среднем за 2022–2025 годы, Московская область)**

Вариант опыта	Распространённость болезней, %		Развитие болезней, %	
	сорт Гелиада	сорт Купава	сорт Гелиада	сорт Купава
Образец 1 – 50 г/л имазалила + 30 г/л тебуконазола + 20 г/л мефеноксама	1,19	2,53	0,07	0,11
Образец 2 – 40 г/л флудиоксонила + 40 г/л имазалила + 15 г/л мефеноксама	1,54	1,78	0,09	0,12
Образец 3 – 10 г/л мефеноксама + 25 г/л флудиоксонила (эталон)	12,62	10,34	0,18	0,21
Без обработки (контроль)	74,31	72,87	3,76	5,34
Среднее (по вариантам опыта)	5,12	4,88	0,11	0,15
НСР <sub>0,05</sub>	0,03	0,04	–	–

Таким образом, эффективность трёхкомпонентных формуляций микроэмульсий обеспечивает надёжную защиту зерновой фасоли от болезней при интродукции новых сортов в южно-таёжной природной зоне на дерново-подзолистых почвах.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гиясов К. Фунгицидная активность производных бензоксазолинона и бензоксазолинтиона // К. Гиясов, Б. Сапаев, Л.Т. Джураева, Г.С. Тураева, И.Ю. Подковыров / Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 3 (59). С. 198–205.
2. Семенов А.М. Здоровье почвенной экосистемы: от фундаментальной постановки к практическим решениям / А.М. Семенов, А.П. Глинушкин, М.С. Соколов // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 1. – С. 5–18.
3. Фунгицидная композиция для протравливания семян зернобобовых культур и подсолнечника. Пат. RU 2717935 С1 Российская Федерация, МПК51

A01C 1/06 (2020.02); A01N 29/04 (2020.02); A01N 37/34 (2020.02); A01N 43/54 (2020.02); A01N 43/653 (2020.02); A01N 47/26 (2020.02), 26.03.2020. Желтова Е.В., Каракотов С.Д., Таланова К.В., Сараев П.В., Божко К.Н., Голубева Н.В. Заявитель и патентообладатель АО «Щёлково Агрохим», № заяв. 2019127653 от 03.09.2019. опубл. 26.03.2020, Бюл. № 9.

## EFFICIENCY OF FORMULATIONS OF TREATMENT AGENT DURING INTRODUCTION OF GRAIN BEANS IN THE SOUTHERN TAIGA ZONE

Gadzhikurbanov N.A., Kudinov A.V.

*All-Russian Research Institute of Phytopathology, Bolshie Vyazemy, Russia,  
agrosad@inbox.ru, inv.74@mail.ru*

**Abstract:** Grain beans are relevant as a food crop and a precursor in crop rotations. The emergence of new varieties Kupava and Heliada allowed to expand the area of cultivation to the southern taiga zone. The introduction is associated with new phytosanitary risks of disease manifestation. In 2022–2025, new formulations of mordants for grain beans were investigated at the experimental field of FSBI VNIIF. It was found that the greatest effect was achieved after the application of fungicides based on microemulsions. In the fight against root lesions, the best results were achieved with formulations of 50 g/l of imazalil + 30 g/l of tebuconazole + 20 g/l of mefenoxam and 40 g/l of fludioxonil + 40 g/l of imazalil + 15 g/l of mefenoxam.

**Key words:** beans, fungicides, root rot, microemulsions.

# СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФУНГИЦИДОВ РАЗЛИЧНЫХ ПРЕПАРАТИВНЫХ ФОРМ ПРИ ПРОФИЛАКТИКЕ МИКОЗОВ У ЗЕРНОВОЙ ФАСОЛИ В УСЛОВИЯХ ДЕРНО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ

Гаджикурбанов Н.А.

*Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии,  
Большие Вяземы, Россия, gadzhikurbanov.n@betaren.ru*

**Аннотация:** Проблема получения растительного пищевого белка в России имеет высокую актуальность. Наряду с другими зернобобовыми культурами растет посевная площадь зерновой фасоли, в том числе на нечерноземных почвах. Основным биотическим фактором, влияющим на урожайность зерновой фасоли, является подверженность микозам. В данной работе были исследованы композиции фунгицидов в разных препаративных формах, ранее не испытанных на зерновой фасоли, с целью выявления наиболее эффективных из них. Согласно данным проведенных исследований, наибольшую эффективность показали препараты в форме микроэмульсии.

**Ключевые слова:** фасоль зерновая, микозы растений, защита растений, фунгициды, препаративные формы.

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время всё большую актуальность в агропромышленном комплексе Российской Федерации набирает проблема производства пищевого растительного белка. Сельскохозяйственные производители при решении данной проблемы делают основной упор на выращивание зернобобовых культур. Зернобобовые культуры обладают рядом преимуществ: более высокий выход белка с урожая на единицу площади в сравнении с другими культурами, а также обогащение почвы азотом за счёт симбиотических связей с бактериями рода *Rhizobium*, способными преобразовывать атмосферный азот в доступные для растений азотсодержащие соединения. Благодаря возможности вышеописанного биологического круговорота азота, зернобобовые являются оптимальными предшественниками для других сельскохозяйственных культур, что при правильной тактике ведения земледелия способствует снижению потребности в минеральных удобрениях (Савельев И.С., 2016; Казыдуб Н.Г. и др., 2019).

На территории России, на данный момент, зернобобовые занимают 3,6% от общих посевных площадей и 6,1% в структуре зернового производства. Однако, за последние 10 лет наблюдается выраженная тенденция к увеличению посевных площадей для зернобобовых культур (Литвиненко Т.В., 2024; Яркова Т.М., 2024; Росстат, 2024).

Несмотря на то, что наибольшее внимание сельскохозяйственных производителей направлено на выращивание сои, так как продукты переработки данной культуры широко используются в пищевой промышленности, не меньшего внимания заслуживает и проблема производства зерновой фасоли. Данная культура имеет высокую пищевую ценность: в её составе содержится до 30% легкоусвояемого белка, ряд минеральных веществ, незаменимые аминокислоты и витамины групп В и РР, а также пищевые волокна. Эти характеристики позволяют использовать зерновую фасоль как в пищевой промышленности, так и в фармакологии (Костикова Н.О, 2019; Савельев И.С., 2016).

Выращивание зерновой фасоли, особенно в условиях нечерноземной зоны, сопряжено с определенными трудностями. Данная культура чувствительна к большому количеству абиотических и биотических факторов, и от степени их влияния напрямую зависит семенная продуктивность. Грибковые заболевания многие исследователи выделяют как наиболее значимый среди биотических факторов (Порсев И.Н. и др, 2018; Сорокина С.Ю. и Бударина Г.А., 2024; Подковыров И.Ю. и Сметанников А.П., 2024).

Исследование эффективности фунгицидных препаратов при профилактике грибковых заболеваний у зерновой фасоли имеет высокую актуальность в связи недостаточной изученностью данной проблемы. Наиболее широко распространенный способ снижения инфекционного фона при выращивании зернобобовых культур – протравливание семян комплексом фунгицидных препаратов. Известно, что на эффективность обработок влияет не только выбор действующих веществ, но и их препаративные формы (Гиясов К., 2020). Выявление наиболее эффективных при минимальных дозировках препаративных форм фунгицидов способствует снижению химической нагрузки на почву.

Целью данного исследования является изучение эффективности фунгицидов различных препаративных форм.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводились в 2024 и 2025 году. Полевые испытания проходили на опытном участке ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии» в условиях дерново-подзолистых почв. Для эксперимента были отобраны два наиболее распространенных сорта зерновой фасоли – Купава и Гелиада.

При проведении полевого опыта были заложены пять групп: контрольная группа семян не обрабатывалась препаратами, а в четырёх экспериментальных группах проводили протравливание семян комплексами пестицидов с разными препаративными формами – МЭ (микроэмульсия) и КС (концентрат суспензии). В таблице 1 подробно описаны применяемые в каждой группе препараты.

Схема закладки эксперимента

Номер группы	Группа 1	Группа 2	Группа 3	Группа 4	Группа 5
Состав комплекса пестицидов	Гераклион, КС (400г/л тирам + 25г/л тебуконазол + 15г/л азоксистробин)	Депозит Су-прим, МЭ (40г/л флудиоксанил + 40г/л имазалил + 15 г/л мефеноксам)	Бенефис Су-прим, МЭ (50г/л имазалил + 30г/л тебуконазол + 15г/л мефеноксам)	ВайбрансГолд, КС (50 г/л седаксан +25 г/л флудиоксонил +37,5 г/л мефеноксам)	Контроль (без обработки)

Все выбранные средства защиты ранее не были испытаны на зерновой фасоли; регламенты применения для данной культуры не разработаны.

Флудиоксонил является контактным фунгицидом, обладающим широким спектром действия и достаточно длительным периодом сохранения защитных свойств. Действующее вещество не проникает в ткани проростка, однако защищает зону корневого роста от поражения грибом, так как обладает ингибирующим эффектом для роста мицелия. Имазалил обладает локально-системным действием, применяется для защиты корневой системы. Тебуконазол является фунгицидом широкого спектра действия, равномерно распределяющимся по тканям растения. Имазалил и тебуконазол ингибируют синтез эргостерина, что провоцирует нарушение проницаемости клеточных мембран патогенных грибов. Мефеноксам отличается системным действием, а также быстрым распределением по тканям растения по мере его роста, обеспечивая эффективную защиту как корневой системы, так и проростка. Обладает ингибирующим действием на синтез белка в патогенных грибах, подавляет в них синтез р-РНК. Тирам проявляет одновременно фунгицидное и бактерицидное действие, подавляя споры бактерий и грибов, не проникая в ткани растения. Азоксистробин обладает контактным и системным действием, ингибируя митохондриальное дыхание в клетках грибов. Седаксан также обладает широким спектром действия, ингибируя сукцинатдегидрогеназу, что вызывает угнетение дыхания у патогенных грибоподобных организмов и грибов.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Обработанные вышеописанными способами семена были высеяны на опытном участке. На каждой фазе вегетационного периода проводились наблюдения, а на фазе созревания растения из каждой группы были исследованы по ряду по-

казателей, демонстрирующих рост и урожайность. Средние значения показателей растений, прошедших предпосевную обработку разными композициями препаратов, представлены в таблице 2.

Таблица 2

**Показатели роста и урожайности исследуемых растений**

Показатели	Группа 1	Группа 2	Группа 3	Группа 4	Контроль- ная группа
Длина, см	54	58	66	54	43
Число боковых побегов, шт.	5	6	8	6	3
Число листьев, шт.	12	15	12	13	7
Число бобов, шт.	7	10	13	11	6
Длина бобов, см	9	12	13	11	9
Ширина бобов, см.	1	1	1	1	0,7
Число семян в бобе, шт.	4	6	5	5	3
Вес 1000 семян, гр.	449	461	487	447	420
Масса бобов, гр.	13,43	16,56	29,9	14,68	8,56

Представленные экспериментальные данные демонстрируют преимущества предпосевной обработки препаратами в форме микроэмульсии: растения из 2 и 3 группы продемонстрировали более активный рост и большее количество боковых побегов, их урожайность также заметно превышала 1, 4 и контрольную группы. Наиболее высокие результаты были получены в 3 группе исследуемых растений (препарат Бенефис Суприм, МЭ). Результаты, полученные в ходе исследований, мы связываем с успешной профилактикой грибковых болезней при протравливании семян. Препараты в форме микроэмульсии при смешивании с водой образуют однородный раствор, не теряющий стабильности со временем, а их действующие вещества не приводят к образованию осадка, что обуславливает равномерность распределения по семенам и высокую эффективность при предпосевной обработке.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Гиясов К. Фунгицидная активность производных бензоксазолинона и бензоксазолинтиона // К. Гиясов, Б. Сапаев, Л.Т. Джураева, Г.С. Тураева, И.Ю. Подковыров / Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 3 (59). – с. 198–205.
2. Казыдуб Н.Г., Кузьмина С.П., Коцюбинская О.А., Бондаренко Н.А., Уфимцева С.В. Зернобобовые культуры в структуре функционального питания (фасоль зерновая и овощная, горох овощной, нут) // Бюллетень ГНБС. 2019. № 133. – с. 157–167.

3. Костикова Н.О. Технологические и потребительские показатели качества зерна фасоли // *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2019. № 3 (31).
4. Литвиненко Т.В. Выявление факторов, влияющих на конъюнктуру российского рынка зерна // *Вестник Московского университета. Серия 6: Экономика*. – 2024. – № 2. – с. 112–129.
5. Подковыров И.Ю., Сметанников А.П. Влияние метеорологических условий Нечерноземной зоны на фитосанитарное состояние посевов фасоли зерновой. *Аграрная наука*. 2024; 1 (10). – с. 139–144.
6. Порсев И.Н., Абылканова А.О., Половникова В.В., Субботин И.А. Влияние зоны исследования на урожайность сортов фасоли обыкновенной и Развитие корневой гнили в условиях Зауралья // *Вестник Курганской ГСХА*. 2018. № 2 (26). – с. 56–59.
7. Российский статистический ежегодник. 2024. / Статистический сборник. – Москва: Росстат, 2024. – 630 с.
8. Савельев И.С. Разработка технологических приемов возделывания и влияния средств химизации в посевах зерновой фасоли // *Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ*. 2016. № 52. – с. 1–3.
9. Сорокина С.Ю., Бударина Г.А. Эффективность предпосевной обработки семян в снижении болезней и формировании урожая фасоли обыкновенной // *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2024. № 4 (52). – с. 110–116.
10. Яркова Т.М. Кризис перепроизводства зерновых культур в России // *Продовольственная политика и безопасность*. 2025. № 2. – с. 467–482.

## COMPARATIVE ANALYSIS OF FUNGICIDES IN DIFFERENT FORMULATIONS FOR PREVENTING MYCOSES IN BEANS UNDER PODZOLIC SOIL CONDITIONS

Gadzhikurbanov N. A

*All-Russian Scientific Research Institute of Phytopathology, BolshiyeVyazemy,  
Russia, gadzhikurbanov.n@betaren.ru*

**Abstract:** The issue of producing plant-based dietary protein is highly relevant in Russia. Alongside other grain legumes, the cultivated area of beans is expanding, including on non-chernozem soils. The primary biotic factor affecting beans yield is its susceptibility to mycoses. This study evaluated fungicide compositions in various formulations—previously untested on beans – to identify the most effective options. According to the research findings, formulations in the form of micro-emulsions demonstrated the highest efficacy.

**Keywords:** beans, plant mycoses, plant protection, fungicides, formulations.

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕСУРСОВ КОЛЛЕКЦИИ ВОДОРΟΣЛЕЙ И ЦИАНОБАКТЕРИЙ БАШКОРТОСТАНА (ВСАС) ДЛЯ РАЗВИТИЯ АГРОБИОТЕХНОЛОГИЙ

Гайсина Л.А.<sup>1,2,3</sup>, Исмагилов К.Р.<sup>4</sup>, Ренганатхан П.<sup>1</sup>, Ухаткина К.Б.<sup>1</sup>, Сущенко Р.З.<sup>5</sup>, Хилажетдинова Л.Б.<sup>1</sup>, Муфазалова А.С.<sup>1</sup>, Назаров Д.К.<sup>1</sup>, Ван Эрп И.И.<sup>1</sup>, Махмутов А.Р.<sup>6</sup>, Картабаева Б.Б.<sup>2</sup>, Суханова Н.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Башкирский государственный педагогический университет им.М. Акмуллы, Уфа, Россия, [lira.gaisina@mail.ru](mailto:lira.gaisina@mail.ru);

<sup>2</sup> Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии, Большие Вяземы, Россия;

<sup>3</sup> Московский физико-технический институт, Долгопрудный, Россия;

<sup>4</sup> Башкирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, Уфа, Россия;

<sup>5</sup> Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии, Владивосток, Россия;

<sup>6</sup> Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

**Аннотация:** Представлены результаты многолетних исследований изучения ростостимулирующей и антифитопатогенной активности штаммов Коллекции водорослей и цианобактерий Башкортостана (Bashkortostan Collection of Algae and Cyanobacteria – ВСАС). Было установлено, что штаммы ВСАС 164 *Chlorella vulgaris*, ВСАС 164 *Pseudococcomyxa simplex*, ВСАС 300 *Coelastrella* sp., ВСАС 377 *Klebsormidium* sp., ВСАС Ко 25 *Nostoc* sp. и целый ряд других штаммов оказывали положительное влияние на показатели роста и развития сельскохозяйственных культур и декоративных растений. Штамм цианобактерии ВСАС 1226 *Nostoc* sp. угнетал развитие фитопатогенных микроорганизмов. Предполагается дальнейшие исследования биохимии наиболее активных штаммов с целью определения метаболитов со стимулирующим или антифитопатогенным действием.

**Ключевые слова:** стимуляция роста, антифитопатогенное действие, суспензии водорослей и цианобактерий, всхожесть, энергия прорастания.

Коллекции микроорганизмов играют важную роль не только для сохранения биоразнообразия, но и для развития науки, образования и технологий (Грачева и др., 2021; Friedl, Lorenz, 2012; Wu et al., 2013). Коллекция водорослей и цианобактерий Башкортостана (ВСАС) является результатом многолетней работы ученых-альгологов Башкирского государственного педагогического университета им. М. Акмуллы, которая была начата в 70-х годах прошлого века и продолжается до настоящего времени. В настоящее время коллекция насчитывает более 1200 штаммов. Уникальность коллекции заключается в том, что в нее

депонированы в основном штаммы наземных водорослей и цианобактерий. Эти микроорганизмы выделены в ходе изучения альгофлоры разнообразных экосистем, многие из которых можно отнести к экстремальным. Для выживания в таких местообитаниях водоросли и цианобактерии выработали защитные механизмы, одним из которых является выработка уникальных биологически активных веществ с ростостимулирующим и антифитопатогенным действием.

В течение многих лет на базе коллекции проводились разнообразные исследования по выявлению наиболее перспективных штаммов, способных активизировать рост сельскохозяйственных растений и подавлять развитие фитопатогенов.

Было обнаружено, что суспензии аутентичных штаммов водорослей ВСАС 164 *Pseudoccomyxa simplex* и ВСАС 76 *Chlorella vulgaris*, а также суспензия на основе обеих водорослей оказывали стимулирующее действие на энергию прорастания семян пшеницы мягкой сорта «Зауральская жемчужина». Наибольшее воздействие оказала суспензия хлореллы, вызывая увеличение всхожести на 9% (с 89 до 96%). Влияние суспензии псевдококкомиксы было менее выражено, энергия прорастания возрастала на 7% (с 89 до 96%). Суспензия, состоящая из смеси суспензий хлореллы и псевдококкомиксы, вызывала увеличение энергии прорастания всего на 1% (с 89 до 90%). Влияние суспензий исследованных видов водорослей на всхожесть семян не было выражено. При обработке семян суспензией хлореллы всхожесть была такой же, как и в контрольном варианте и составляла 96%. При обработке суспензией псевдококкомиксы и смесью суспензий двух водорослей всхожесть семян уменьшалась на 3 и 6% соответственно (с 96 до 93 и 90%).

Установлено, что суспензии штаммов ВСАС 164 *Pseudoccomyxa simplex*, ВСАС 76 *Chlorella vulgaris* и комплексный препарат на основе смеси суспензий обеих водорослей вызывали удлинение проростков и корней пшеницы мягкой, причем это влияние было достоверным по критерию Стьюдента. Максимальное увеличение длины проростков (с 24,63 мм до 60,65 мм) было отмечено в варианте опыта с *Pseudoccomyxa simplex*, а минимальное (до 48,88 мм) – в варианте с *Chlorella vulgaris*. Наибольшее увеличение корней пшеницы отмечалось при обработке семян суспензией *Pseudoccomyxa simplex*, при этом длина корней возрастала с 22,51 мм до 72,18 мм. Суспензия *Chlorella vulgaris* оказывала наименьшее воздействие, вызывая удлинение корней пшеницы с 22,51 мм до 40,60 мм. Эксперименты показали, что для оценки полной картины влияния суспензий водорослей на показатели роста и развития высших растений необходимо оценивать несколько параметров. Так, например, стимулирующее воздействие суспензий водорослей *Pseudoccomyxa simplex* и *Chlorella vulgaris* и их смеси проявилось в экспериментах по изучению энергии прорастания, длины проростков и корней.

В случае же со всхожестью семян стимулирующего действия либо не было обнаружено, либо было установлено ингибирующее воздействие.

Выявлено положительное влияние штаммов водорослей ВСАС 325 Dumps cf. *Micractinium*, ВСАС 145 *Pseudochloris wilhelmii*, ВСАС 228 *Coelastrella striolata*, ВСАС 307 P8 *Coelastrella* sp., ВСАС 477 D1 *Chlorella fusca* на всхожесть семян пшеницы мягкой. Под влиянием суспензий ВСАС 325 Dumps cf. *Micractinium*, ВСАС 145 *Pseudochloris wilhelmii* отмечалось увеличение всхожести с 95 до 96%, суспензий ВСАС 228 *Coelastrella striolata*, ВСАС 477 D1 *Chlorella fusca* – до 97%. Установлено увеличение корней пшеницы с  $81,65 \pm 3,39$  мм в контрольном варианте до  $93,50 \pm 4,15$  мм под воздействием суспензии ВСАС 307 P8 *Coelastrella* sp. и до  $97,54 \pm 3,21$  мм под влиянием суспензии ВСАС 325 Dumps cf. *Micractinium*. Эти изменения были достоверными по критерию Стьюдента. В то же время, не установлено влияния исследованных водорослей на длину проростков.

Обнаружен активизирующий эффект суспензий ВСАС 164 *Pseudoccomyxa simplex*, ВСАС 76 *Chlorella vulgaris* и смешанной суспензии обеих водорослей на всхожесть семян и развитие проростков кабачков и тыквы. Под влиянием суспензий исследованных штаммов всхожесть семян кабачков возрастала с 80 до 100%, всхожесть семян тыквы увеличивалась на 20% в вариантах опыта с суспензией хлореллы и смесью суспензий. На проростки наибольшее воздействие оказал комплексный препарат на основе суспензий *Pseudoccomyxa simplex* и *Chlorella vulgaris*, вызывавший удлинение проростков кабачков с 5 до 11 см, проростков тыквы – с 4 до 110 см. Суспензия псевдококкомиксы вызывала удлинение проростков кабачков с 5 до 9 см, суспензия хлореллы – с 5 до 8 см. Для семян тыквы обработка суспензий псевдококкомиксы приводила к удлинению проростков с 4 до 5 см, суспензией хлореллы – с 4 до 7 см.

Водоросли и цианобактерии активизировали рост и развитие не только злаков и овощей, но и декоративных растений. Так, например было установлено стимулирующее воздействие суспензий штаммов ВСАС 76 *Chlorella vulgaris*, ВСАС 377 *Klebsormidium* sp. на развитие проростков цинний и бархатцев. Наиболее эффективным препаратом для развития проростков цинний оказалась суспензия *Klebsormidium* sp., при воздействии которой отмечалось увеличение проростков на 2,1 см, для бархатцев – суспензия штамма *Chlorella vulgaris*, вызывающая увеличение длины проростков на 0,4 см.

Обнаружено стимулирующее воздействие суспензий штаммов ВСАС 76 *Chlorella vulgaris*, ВСАС 300 *Coelastrella* sp. и смешанной суспензии этих водорослей на показатели роста и развития гвоздики. Установлено, что использование суспензии *Chlorella vulgaris*, *Coelastrella* sp. и их смеси приводило к увеличению всхожести с 62,48 до 68,72, 72,70 и 84,80% соответственно. При этом

длина проростков увеличивалась с 40,24 до 44,43, 42,35 и 45,42% соответственно.

В экспериментах по изучению влияния штаммов ВСАС 76 *Chlorella vulgaris*, ВСАС Ко 25 *Nostoc* sp. и биопрепарата на основе их суспензий на семена и проростки баклажана и острого перца было установлено их положительное воздействие на длину проростков баклажана: суспензия хлореллы вызывала удлинение проростков с 2,6 до 4,8 см, суспензия ностока – с 2,6 до 5,2 см, смесь суспензий – с 2,6 до 3,2 см. В экспериментах по влиянию суспензий водоросли и цианобактерии на проростки острого перца стимулирующее воздействие было установлено для суспензии ВСАС Ко 25 *Nostoc* sp. с 4,3 до 10,2 см. Для других суспензий было отмечено ингибирующее влияние на длину проростков. Исследованные суспензии оказывали ингибирующее действие на всхожесть баклажана и острого перца.

Следует отметить, что ростостимулирующее действие водорослей и цианобактерий было установлено не только в лабораторных, но и полевых экспериментах. Результаты полевых испытаний эффективности суспензий штаммов ВСАС 76 *Chlorella vulgaris*, ВСАС 164 *Pseudoccomyxa simplex*, а также суспензии на основе обеих водорослей на пшеницу мягкую сорта «Зауральская жемчужина» показали, что изученные суспензии оказали положительное влияние на содержание клейковины и число падения. На контрольной площадке содержание клейковины составляло 27,99%, при обработке суспензией ВСАС 76 *Chlorella vulgaris* – 28,57%, смешанной суспензией двух водорослей – 29,26%. На контрольной площадке число падения составляло 305,28, при обработке суспензией ВСАС 76 *Chlorella vulgaris* – 415,44, при обработке суспензией ВСАС 164 *Pseudoccomyxa simplex* – 474,43, при обработке биопрепаратом – 379,60. Таким образом, наиболее эффективной для увеличения клейковины была смешанная суспензия хлореллы и псевдококкомиксы, для числа падения – суспензия ВСАС 164 *Pseudoccomyxa simplex*.

В последнее время был проведен ряд экспериментов по изучению антифитопатогенного действия штаммов ВСАС. Так, например, было установлено ингибирующее действие суспензии ВСАС 1226 *Nostoc* sp. на развитие *Penicillium* sp., *Phytophthora* sp. и *Stemphylium* sp. *in vitro* с использованием картофельно-декстрозной агаровой среды (Yusupova et al., 2025). На 7-й день инкубации у *Phytophthora* sp. площадь колонии уменьшилась с  $18,30 \pm 1,68$  до  $8,55 \pm 0,74$  см<sup>2</sup> (ингибирование на 53,6%). Аналогичным образом, *Penicillium* sp. продемонстрировал снижение с  $17,64 \pm 1,46$  до  $8,90 \pm 0,36$  см<sup>2</sup> (ингибирование на 49,4%), а *Stemphylium* sp. наблюдалось снижение с  $17,76 \pm 1,28$  до  $13,5 \pm 0,73$  см<sup>2</sup> (ингибирование на 23,7%). Подавление роста патогенов было более выражено на 14-й день, при этом площадь колоний *Phytophthora* sp. уменьшалась до  $4,9 \pm 0,40$  см<sup>2</sup> (ингибирование на 72,8%), *Penicillium* sp. – до

5,54 ± 0,32 см<sup>2</sup> (ингибирование на 68,8%), а *Stemphylium* sp. – до 8,71 ± 0,31 см<sup>2</sup> (ингибирование на 50,8%).

Таким образом, проведенные эксперименты доказывают перспективность использования ресурсов ВСАС в сельском хозяйстве. В дальнейшем предполагается проведения дальнейших исследований по определению метаболитов, оказывающих ростостимулирующее и антифитопатогенное действие на растения.

#### БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена при поддержке Российским научным фондом (проект № 25-24-00481).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Грачева И.В., Осин А.В., Кутырев В.В. Принципы формирования коллекционных фондов штаммов микроорганизмов. Проблемы особо опасных инфекций, 2021, 2, 16–23.
2. Friedl T., Lorenz M. The Culture Collection of Algae at Göttingen University (SAG): a biological resource for biotechnological and biodiversity research. *Procedia Environmental Sciences*, 2012, 15, 110–117.
3. Wu L., Sun Q., Sugawara H., Yang S., Zhou Y., McCluskey K., Vasilenko A., Suzuki K.-Ю, Ohkuma M., Lee Y. Global catalogue of microorganisms (GCM): a comprehensive database and information retrieval, analysis, and visualization system for microbial resources, *BMC genomics*, 2013, 14 (1), 933.
4. Yusupova A., Kartabayeva B., Sushchenko R., Gaysina K., Renganathan P., Gaysina L.A. Antifungal Potential of Cyanobacterium *Nostoc* sp. BCAC 1226 Suspension as a Biocontrol Agent Against Phytopathogenic Fungi and Oomycetes. *Applied Microbiology*, 2025, 5, 46.

#### **USING THE RESOURCES OF THE BASHKORTOSTAN ALGAE AND CYANOBACTERIA COLLECTION (BCAC) FOR THE DEVELOPMENT OF AGROBIOTECHNOLOGY**

Gaysina L.A.<sup>1,2,3</sup>, Ismagilov K.R.<sup>4</sup>, Renganathan P.<sup>1</sup>, Ukhatkina K.B.<sup>1</sup>, Sushchenko R.Z.<sup>5</sup>, Hilazhetdinova L.B.<sup>1</sup>, Mufazalova A.S.<sup>1</sup>, Nazarov D.K.<sup>1</sup>, Van Erp I.I.<sup>1</sup>, Makhmutov A.R.<sup>6</sup>, Kartabayeva B.B.<sup>2</sup>, Sukhanova N.V.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Bashkir State Pedagogical University named after M. Akmulla,  
Ufa, Russia, lira.gaisina@mail.ru;*

<sup>2</sup> *All-Russian Scientific Research Institute of Phytopathology,  
Bolshye Vyazemye, Russia;*

<sup>3</sup> *Moscow Institute of Physics and Technology, Dolgoprudny, Russia;*

<sup>4</sup> *Bashkir Scientific Research Institute of Agriculture, Ufa, Russia;*

<sup>5</sup> *Federal Scientific Center for Terrestrial Biota Biodiversity of East Asia,  
Vladivostok, Russia;*

<sup>6</sup> *Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russia*

**Abstract:** The results of long-term studies of the growth-stimulating and antiphytopathogenic activity of strains of the Bashkortostan Collection of Algae and Cyanobacteria (BCAC) are presented. It was found that the strains BCAC 164 *Chlorella vulgaris*, BCAC 164 *Pseudococcomyxa simplex*, BCAC 300 *Coelastrrella* sp., BCAC 377 *Klebsormidium* sp., BCAC Ko 25 *Nostoc* sp. and a number of other strains had a positive effect on the growth and development of crops and ornamental plants. Cyanobacterium strain BCAC 1226 *Nostoc* sp. it inhibited the development of phytopathogenic microorganisms. Further studies of the biochemistry of the most active strains are expected in order to identify metabolites with stimulating or antiphytopathogenic effects.

**Key words:** growth stimulation, antiphytopathogenic effect, suspensions of algae and cyanobacteria, germination, germination energy.

# БИОРЕМЕДИАЦИЯ СОЛЯРОВОГО МАСЛА В СТОЧНЫХ ВОДАХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Ганиев И.М.<sup>1,2</sup>, Мусин Р.Р.<sup>1</sup>, Гайнуллин Р.Р.<sup>1</sup>, Зуева Ю.В.<sup>3</sup>,  
Валиуллин Л.Р.<sup>1,3</sup>, Барышев М.Г.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> ФГБНУ «Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности» ФГБНУ «ФЦТРБ-ВНИВИ»,  
Научный городок-2, г. Казань

<sup>2</sup> ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»,  
ФГАОУ ВО КФУ, ул. Кремлевская, 18, г. Казань

<sup>3</sup> ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии» ФГБНУ ВНИИФ, Большие Вяземы  
E-mail: [ilnurgm-vgora@mail.ru](mailto:ilnurgm-vgora@mail.ru)

**Аннотация:** Проведена научно-исследовательская работа по биоремедиации солярового масла консорциумом из девяти штаммов отселектированных углеводородокисляющих микроорганизмов (УОМ) с сорбентами при соотношениях 2:3 и изменяющихся условиях среды. Определяющим фактором в очистке вод от солярового масла с УОМ считается распыление культур на поверхность масляной пленки, рассыпание бактерий смешанных с сорбентами на поверхность масляного загрязнения и механическое перемешивание штаммов с субстратами (речным песком, золой, торфом, древесными опилками, полиэтиленовой стружкой, активированным углём и трухой разнотравья) в соотношении 2:3. Концентрация их составляла от 10, 25, 50, 100 до 200 мг/дм<sup>3</sup>. Одновременное введение в маслозагрязненную воду сорбентов в соотношении 2:3 с суспензией двухсуточной культуры ассоциации УОМ из расчета  $110 \cdot 10^6$ – $124 \cdot 10^6$  кл/см<sup>3</sup>. Создан комплекс из сорбентов и микроорганизмов, влияющий на окислительные процессы, обеспечивающий восстановление вод от загрязняющих веществ до естественных качеств.

**Ключевые слова:** биоремедиация, соляровое масло, сорбенты, сточная вода, консорциум, углеводородокисляющие микроорганизмы, распыления, рассыпания, перемешивания.

Загрязнение окружающей среды нефтепродуктами (соляровыми маслами) является экологической проблемой. Ежегодное увеличение автотранспортного парка в городах России и применение нефтепродуктов (солярки) в качестве одного из основных видов топлива, приводит к загрязнению окружающей среды, что является важнейшей экологической проблемой современности [1].

Попадание соляровых масел в воду вызывает изменение ее физических, химических, биологических свойств и характеристик, нарушая протекание естественных биохимических процессов [2–6].

По данным «Анализа рынка дизельного топлива в России», подготовленного BusinessStat в 2023 г, за 2018–2022 гг. его производство в стране выросло на 9,4%: с 77,5 до 84,7 млн т. Росту способствовали увеличение продаж на внутреннем

рынке и высокий спрос на российское соляровое масло за рубежом. В 2018–2022 гг. экспортировалось более половины произведенной в стране продукции [7].

В настоящее время, с повышением внимания к охране окружающей среды, биоремедиация является ценной альтернативой физическим и химическим методам очистки. Биоремедиация часто проводится после завершения технической ремедиации и позволяет резко (в 3–4 раза) сократить время восстановления загрязненных экосистем [8]. Биоремедиация является одним из наиболее действенных, экологичных, быстрых и эффективных с экономической точки зрения методов восстановления загрязненных вод [9–11].

В литературе, при всей многочисленности публикаций по данному направлению мало работ, связанных с деятельностью масло- и углеводородокисляющих микроорганизмов, особенно в части совместного использования последних с сорбентами для интенсификации процесса биodeградации солярового масла, как в толще воды, так и на поверхности; использование органических веществ – сорбентов, которые одновременно выполняя сорбционную функцию на поверхности служили бы источником легкоокисляемого субстрата, используемого маслоокисляющими микроорганизмами в качестве соокислителя или индуцирующего соединения в интенсификации биodeградации солярового масла.

Природные сорбенты могут применяться в процессах сорбционной очистки без подготовки (модификации), например, для однократной очистки сточной воды без дальнейшей регенерации сорбента [12]. Это связано с доступностью сорбента и низкой себестоимостью (на порядок ниже стоимости сорбентов, полученных синтетическим путем или путем химической модификации). При этом природные сорбенты часто характеризуются существенными значениями объемной емкости [13]. Использование природных адсорбционных материалов позволяет достичь неплохих показателей эффективности и для экономической рентабельности, для 28 таких сорбентов возможна однократная регенерация или использование с последующей утилизацией или обезвреживанием сорбента [14].

Целью исследования являлась биodeградация с использованием сорбентов различной природы солярового масла в сточных водах сельскохозяйственных предприятий.

Исследование проводили в одном из предприятий г. Казани с маслосодержащими сточными водами, в состав которых входили соляровое масло (солярка) (Россия). Физические и санитарно-химические показатели смешанных производственных сточных вод, поступающих в общую канализацию объединения, колеблется при следующих показателях: температура – 22–24 °С, рН – 7,2–9,2, ХПК – 648–1858 мг/дм<sup>3</sup>, O<sub>2</sub> от 1,5 мг/ дм<sup>3</sup> до 6 мг/дм<sup>3</sup>, сумма неорганических

форм азота ( $\text{NH}_4$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_3$ ) – 10–35 мг/дм<sup>3</sup>, фосфор ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) – 0,3–2,2 мг/дм<sup>3</sup>, соляровое масло превышает 183 мг/дм<sup>3</sup>, фенол и СПАВ – до 20 мг/дм<sup>3</sup>, гликоли – до 250 мг/дм<sup>3</sup>.

Углевородоксиляющие микроорганизмы (УОМ) объединенные в консорциум, включающие девять видов штаммов, принадлежащих к родам: *Alcaligenes* (1 вид), *Micrococcus* (1 вид), *Brevibacterium* (2 вида), *Bacillus* (1 вид), *Flavobacterium* (1 вид), *Clostridium* (1 вид) и *Pseudomonas* (2 вида) [15; 16].

Общая нагрузка загрязнения по соляровому маслу принята 100 мг/дм<sup>3</sup>, а по сорбентам из расчета 10, 25, 50, 100, 200 мг/дм<sup>3</sup>. Длительность эксперимента равнялась от 10 до 14 суток.

Суспензионную культуру УОМ для заражения среды, получали из чистых изолятов, сохраняемых в лаборатории на жидкой среде Мюнца (состав (г/дм<sup>3</sup>):  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$  – 2,0;  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  – 1,0;  $\text{KNO}_3$  – 1,0;  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  – 0,2;  $\text{NaCl}$  – 0,2;  $\text{FeCl}_2$  – следы; вода водопроводная – 0,1 дм<sup>3</sup>; вода дистиллированная – 0,9 дм<sup>3</sup>; pH – 7,2) с добавлением вазелинового масла (0,5% по объему). На начальном этапе каждый штамм засеивали на косой МПА, выращивали в термостате в течение 2-х суток при температуре 28 °С. Удостоверившись о чистоте выросших культур на МПА, далее их смывали физиологическим раствором (0,44% раствор  $\text{NaCl}$ ), смешивали в единую ассоциацию на свежей среде с вазелиновым маслом (0,5% по объему). Пассирования проводили при 25 °С в течение 7–10 суток. Получив численность УОМ в пределах  $10^1 \cdot 10^6$ – $10^6 \cdot 10^6$  кл/см<sup>3</sup> далее заражали опытные варианты стоков (по 20 мл).

В управляемой очистке поверхностных вод от аварийно-поступающего солярового масла отселектированными штаммами маслоокисляющих бактерий не решенной остается проблема сосредоточенного удержания микроорганизмов в водной среде, очистку которых можно достичь сорбентами разнообразной природы. В качестве сорбентов в эксперименте использовали речной песок, золу, торф, древесные опилки, полиэтиленовые стружки, активированный уголь и труху разнотравья.

Внесение маслоокисляющих микроорганизмов из 9-ти штаммов проводили следующим образом: 1) распылением культуры на поверхность масляной пленки; 2) рассыпанием смешанного с бактериями сорбента на поверхность масляного загрязнения и 3) путем механического перемешивания штаммов с субстратами в соотношении 2:3.

Для минимизации влияния случайных и систематических ошибок в опыте, измерения проводились по три раза, результаты, не укладывающиеся в интервал достоверности, рассчитанный с помощью t-критерия Стьюдента с уровнем до-

стоверности 95%, отбрасывались. Статистическую обработку полученных данных проводили в компьютерной программе Microsoft Office 2010 (Word и Excel) с использованием дополнительной функции «анализ данных».

Выявлено, что разложение солярового масла с консорциумом из 9-ти штаммов микроорганизмов происходит более интенсивно, когда в среде присутствуют сорбенты. Сорбенты выполняют двойную роль: служат активной поверхностью для иммобилизации гетеротрофных микроорганизмов, благодаря чему создаются условия длительного биодеструктивного процесса, а с другой стороны сорбенты служат дополнительным источником питания для микроорганизмов, участвующих в разложении солярового масла.

Анализируя полученные экспериментальные данные с сорбентами – речным песком, золой, торфом, древесными опилками, полиэтиленовой стружкой, активированным углём и трухой разнотравья, показал, что в разных концентрациях и при разном способе их внесения, были выявлены следующие закономерности:

1. Наибольшее ускорение исчезновения масляной плёнки наблюдалось в вариантах с внесением торфа, древесных опилок и песка. Это связано, прежде всего, с механическим осаждением части солярового масла в толщу воды вместе с субстратом и стимуляцией разложения в виду внесения дополнительных источников минерального питания в среду. При внесении их в воду, последние всегда обогащаются аммонийным азотом, нитрит и нитрат – ионами, неорганическим фосфором. Это в свою очередь отразилось на увеличении численности бактериальных клеток в искусственно созданной экосистеме и интенсификации процессов биоокисления солярового масла.

2. Механическое перемешивание маслоокисляющих микроорганизмов с вышеназванными сорбентами в соотношении 2:3 (речной песок), 2:3 (зола), 2:3 (торф), 2:3 (древесные опилки) и 2:3 (уголь активированный) более эффективно, чем нанесение биомассы бактериальной суспензии на поверхность масляной плёнки путем распыления. Замечено, что при вводе в опыт маслоокисляющих микроорганизмов и сорбентов торфа и активированного угля, популяция бактерий поддерживается на высоком уровне в течение 5–8 дней. Показатель растворенного кислорода ( $O_2$ ) после некоторого возрастания медленно убывает ввиду вовлечения его в окислительные процессы. Установлено, что наилучшими сорбентами, оказывающими благоприятное влияние на ход биодеструкции солярового масла, являются зола, торф и древесные опилки. Эти данные подтверждаются общей картиной визуального подсчета числа бактерий, основанной на учете количества жизнеспособных колоний в разные отрезки времени. Именно в эксперименте с этими субстратами быстрее увеличивалась численность микроорганизмов, соответственно возрастала степень окисления солярового масла, что

приводило к росту, а именно, к наиболее эффективной деструкции масла. Это подтверждено также динамикой изменения концентрации углекислого газа и растворенного кислорода в опытах. Концентрация растворенного диоксида углерода по мере окисления солярового масла повышается, а содержание растворенного в среде кислорода уменьшается.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При выяснении оптимального вида, количества и размера частиц органического субстрата, который бы полнее усваивался микроорганизмами и ускорял процесс биодegradации солярового масла, мы установили, что наилучшим субстратом являются зола и торф в количестве 200 мг/20 дм<sup>3</sup> воды (из вариантов 10, 25, 50, 100, 200 мг/дм<sup>3</sup>). Именно в эксперименте с указанными субстратами быстрее увеличивалась численность микроорганизмов, соответственно возрастала степень окисления субстратов, что приводило к росту, а именно, к наиболее эффективной деструкции солярового масла и составило 55,0% (зола) и 70,1% (торф) соответственно. При использовании субстратов из речного песка и древесной опилки, мы наблюдали, минимальный процент окисления солярового масла, что связано, по-видимому, с тем, что исследуемые субстраты не являются полноценными источниками питания и биостимуляторами для УОМ. В контрольном варианте эффективность процесса деструкции солярового масла из-за отсутствия УОМ еще более минимальна и составила около 5%. Таким образом, наилучшая эффективность в процессе интенсификации биодegradации солярового масла достигнута с применением двух субстратов – золы и торфа.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Степень загрязнения почв нефтепродуктами как показатель воздействия автотранспорта / А.А. Михайлова, Л.Ф. Попова, Н.Е. Труфанова // Экологические проблемы человечества: материалы научно-практической конференции. М., 2009. – С. 56–59.
2. Полусинтетические и синтетические масла и их утилизация отселективированными нефтеокисляющими микроорганизмами / Н.В. Морозов, А.В. Иванов, И.М. Ганиев, Е.Л. Туйматова // Биотехнология: состояние и перспективы развития: материалы VII Московского международного конгресса. М., 2013. – Т. 2. – С. 248–250.
3. Ресурсосберегающая биотехнология глубокой биодеструкции смазочных масел в сточных водах предприятий и сельскохозяйственных объектов / Н.В. Морозов, В.Н. Морозов, И.М. Ганиев // Материалы III Международной научной Интернет – конференции «Биотехнология. Взгляд в будущее». – 2014. – Т. 2. – С. 18–20.

4. Смазочные моторные масла и их утилизация нефтеокисляющими микроорганизмами / Н.В. Морозов, И.М. Ганиев, В.Н. Морозов, З.С. Петров // Биотехнология: состояние и перспективы развития: VIII Московский Международный конгресс. – 2015. – Ч. 2. – С. 111–113.

5. Разработка биотехнологии применения органических сорбентов для активации и ускорения биodeградации трансформаторного и дизельного масел / Н.В. Морозов, И.М. Ганиев, Ф.Р. Зиннатов, Г.Ф. Хадиева // Биотехнология: состояние и перспективы развития: VIII Московский Международный конгресс. – 2015. – Ч. 2. – С. 336–338.

6. Морозов, Н.В. Технология биоочистки производственных сточных вод от отработанных смазочных (моторных) масел / Н.В. Морозов, И.М. Ганиев // Принципы экологии. – 2021. – № . 2. – С. 67–78.

7. Анализ рынка дизельного топлива в России в 2018–2022 гг, прогноз на 2023–2027 гг. / BusinesStat готовые обзоры рынков, 2023. URL: <https://businessstat.ru> (дата обращения 28.05.2025).

8. Снижение опасности токсинов фитопатогенов с помощью композиции органоминерального происхождения / Л.Р. Валиуллин, Р.С. Мухаммадиев, А.И. Самсонов, А.И. Яруллин, Д.Н. Мингалеев, Зуева Ю.В., Севостьянов М.А., Барышев М.Г., Ежкова А.М. // Аграрная наука. 2024. № 10. С. 62–66.

9. Коваль К.С. Биоремедиация почв при ликвидации нефтяных загрязнений / К.С. Коваль // Международный научно-исследовательский журнал. – 2015. – № . 9–2 (40). – С. 38–40.

10. Morozov N.V. Biodestruction of lubricated motor oils in sewage water with the use of pilot biological installation / N.V. Morozov, I.M. Ganiev, A.S. Muhametzyanova // J. Mater. Environ. Sci. – 2019. – Vol. 10. – Is. 6. – P. 526–532.

11. Морозов Н.В. Интенсификация процессов биоочистки природных и сточных вод, загрязненных отработанными смазочными маслами сорбентами разнообразной природы / Н.В. Морозов, И.М. Ганиев // Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием молодых ученых и специалистов «Инновационные технологии защиты окружающей среды в современном мире. Казань., 2021. – С. 331–337.

12. Синтез и антимикотическая активность четвертичных аммониевых солей на основе пиридоксина / Н.В. Штырлин, С.А. Лисовская, С.В. Сапожников, А.Г. Иксанова, А.М. Аймалетдинов, Л.Р. Валиуллин, К.В. Балакин, Ю.Г. Штырлин // Известия Академии наук. Серия химическая. 2025. Т. 74. № 4. С. 1106–1119.

13. Изучение безопасности биопрепаратов для снижения токсичности продовольственного сырья в моделях *in vitro* / Л.Р. Валиуллин, А.В. Фролов, В.И. Егоров, Р.С. Мухаммадиев, А.И. Самсонов, В.Ю. Рудь, Д.Н. Мингалеев //

Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2025. Т. 261. № 1. С. 30–34.

14. Эффективность композиционного препарата для профилактики кишечных инфекций и улучшения рубцового пищеварения у молодняка крупного рогатого скота / Л.Р. Валиуллин, Р.Х. Равилов, Р.С. Мухаммадиев, Р.Р. Гайнуллин, А.С. Сайфуллин, А.А. Ханнанов, П.П. Муковоз // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2025. Т. 261. № 1. С. 35–40.

15. Пат. 201114557910 Российская Федерация, МПК14/C02F 3/34 А. Биопрепарат для очистки объектов окружающей среды от нефти и нефтепродуктов «ОН-НОВО» / Н.В. Морозов, А.В. Иванов, О.В. Жукова, О.Н. Морозов; заявитель и патентообладатель ФГБНУ «Федеральный центр токсикологический, радиационной биологической безопасности» («ФЦТРБ-ВНИВИ»). – № 14/C02F 3/34; заявл. 2011-11-09; опубл. 2013-05-20. – 2 с.

16. Оценка способности штаммов молочнокислых бактерий к синтезу бактериоцинов / Р.С. Мухаммадиев, А.С. Мухаммадиева, Р.С. Мухаммадиев, Л.Р. Валиуллин // В сборнике: Роль аграрной науки в устойчивом развитии АПК. материалы IV Международной научно-практической конференции, посвященной 73-летию Курского ГАУ. Курск, 2024. С. 167–171.

## BIOREMEDIATION OF SOLAR OIL IN WASTEWATER FROM AGRICULTURAL ENTERPRISES

Ganiev I.M.<sup>1,2</sup>, Musin R.R.<sup>1</sup>, Gainullin R.R.<sup>1</sup>, Zueva Y.V.<sup>3</sup>,  
Valiullin L.R.<sup>3</sup>, Baryshev M.G.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> FSBSI «Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety» (FSBSI «FCTRBS-ARRVI»), Nauchny Gorodok-2, Kazan, 420075, Tatarstan, Russia

<sup>2</sup> FSAEE HE «Kazan (Volga) Federal University» (FSAEE HE «KFU»),  
18 Kremlevskaya str., Kazan, 420008, Tatarstan, Russia,

E-mail: [ilnurgm-vgora@mail.ru](mailto:ilnurgm-vgora@mail.ru)

<sup>3</sup> All-Russian Scientific Research Institute of Phytopathology,  
Bolshye Vyazemye, Russia

**Abstract:** Research work was carried out on the bioremediation of salt oil by a consortium of nine strains of selected hydrocarbon-oxidizing microorganisms (HOM) with sorbents at ratios of 2:3 and changing environmental conditions. The determining factor in the purification of water from salt oil with HOM is the spraying of cultures on the surface of the oil film, scattering of bacteria mixed with sorbents on the surface of oil contamination and mechanical mixing of strains with substrates (river sand, ash, peat, sawdust, polyethylene chips, activated carbon and grass dust) in a ratio of 2:3.

Their concentration ranged from 10, 25, 50, 100 to 200 mg/dm<sup>3</sup>. Simultaneous introduction of sorbents into oil-contaminated water in a ratio of 2:3 with a suspension of a two-day culture of the HOM association at the rate of  $110 \cdot 10^6$ - $124 \cdot 10^6$  kl/cm<sup>3</sup>. A complex of sorbents and microorganisms has been created that affects oxidative processes, ensuring the restoration of water from pollutants to natural qualities.

**Keywords:** bioremediation, solar oil, sorbents, waste water, consortium, hydrocarbon-oxidizing microorganisms, spraying, scattering, mixing.

# ФИТОСАНИТАРНОЕ СОСТОЯНИЕ ПОСЕВОВ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА ПРИ СНИЖЕНИИ ПЕСТИЦИДНОЙ НАГРУЗКИ

Гриц Н.В.<sup>1</sup>, Пискарев Н.С.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБНУ Федеральный научный центр лубяных культур,  
Тверь, Россия, n.gritz@fncl.ru

<sup>2</sup>ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт  
фитопатологии, Большие Вяземы, Россия

**Аннотация:** Статья посвящена исследованию фитосанитарного состояния посевов льна-долгунца при уменьшении интенсивности применения пестицидов. Рассматриваются изменения уровня распространения сорняков в условиях снижения защиты гербицидами. Приводятся экспериментальные данные по урожайности льна-долгунца в зависимости от используемых агротехнических мероприятий и альтернативных методов борьбы с сорными растениями.

**Ключевые слова:** лен-долгунец, фитосанитарное состояние, гербициды, пестицидная нагрузка.

## ВВЕДЕНИЕ

В соответствии с требованиями устойчивого сельского хозяйства и импортозамещения, поиск эффективных, но менее химически интенсивных стратегий защиты льна-долгунца является приоритетной задачей. Чрезмерная пестицидная нагрузка несет экологические и экономические риски, что обуславливает необходимость изучения фитосанитарных последствий её сокращения.

В льноводстве одним из лимитирующих урожайность факторов является плохое фитосанитарное состояние посевов, и в частности высокая засоренность, при численности сорняков более 100 шт/м<sup>2</sup> и смешанном видовом составе. Все более часто доминируют многолетние трудноискоренимые виды и злаковые сорные растения. При таком типе засоренности трудно подобрать гербициды для эффективного уничтожения сегетальной флоры без вреда культуре. Коррективы в защиту растений вносят и погодные условия вегетации – когда после проведения химпрополки появляется «2 волна» сорняков [5].

Лён-долгунец следует отнести к культурам, положительно реагирующим на кремниевые препараты и снижение пестицидной нагрузки. На основании проведенных исследований ряд авторов рекомендует применение кремнийсодержащих соединений (препаратов) для снижения гербицидной нагрузки, устранения негативного действия гербицидов [8].

Ущাপовским И.В. и др. показан опыт использования биорегуляторов на основе защитно-стимулирующих комплексов при возделывании льна-долгунца.

Установлен выраженный эффект, ослабляющий жесткое воздействие используемых гербицидов на растения, что повышает урожайность культуры и улучшает фитосанитарное состояние посевов [4, 6].

На базе Научно-исследовательского института льна в Торжокском районе Тверской области изучалось влияние на фитосанитарное состояние и урожай посевов льна новых регуляторов роста и их композиций с другими пестицидами (Авибиф С /150 мл/т/, а также Авибиф С в сниженной норме применения /75 мл/т/ в смеси с гербицидами Хармони /10 г/га/ + Кортес /5 г/га/ + Тарга Супер /1,5 л/га/ – для применения по вегетирующим растениям). Установлено, что при обработке посевов добавление к гербицидной смеси Авибифа П /150 мл/га/ ускорило рост растений, увеличило их выживаемость к периоду уборки [1, 3].

Таким образом, в посевах льна-долгунца при смешанном типе засоренности предпочтительно использовать баковые смеси гербицидов [2, 7].

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Цель исследования – оценить изменение фитосанитарного состояния посевов льна-долгунца в части развития сорного компонента при переходе на интегрированные системы защиты со сниженным на 10% применением гербицидов.

Полевые эксперименты проводились в условиях Нечерноземной зоны РФ в течение вегетационных периодов 2023–2024 годов. Объектом исследований являлся лён-долгунец сорта Универсал, а также гербицидная композиция Секатор-турбо, Хакер, Миура, Гербитокс Л на фоне применения адаптогенных препаратов – АраSil, АгроНАН, Мивал-агро. Посев проводился в оптимальные сроки, агротехника – общепринятая для региона возделывания за исключением изучаемых параметров. Гербициды вносили на льне-долгунце в фазу «ёлочки».

Повторность опыта четырехкратная. Размещение вариантов рендомизированное. Изучали несколько схем применения гербицидов: 1) рекомендованная норма; 2) уменьшенная на 10% норма; 3) увеличенная на 10% норма. Учеты включали оценку засоренности посевов. Определяли биологическую эффективность схем и их влияние на урожайность льносоломы.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Видовая засоренность посевов льна-долгунца была типичной для Нечерноземной зоны. Общая численность сорных растений на контроле составила 659 шт/м<sup>2</sup>. При этом 92,4% – это устойчивые виды (горец вьюнковый, пикульники и др.), 0,5% – чувствительные виды (фиалка собачья, марь белая), корневищные (пырей ползучий и хвощ полевой) – 4,6%, корнеотпрысковые (осот полевой) – 2,5%.

В варианте с уменьшенной нормой внесения численность сорных растений по сравнению с контролем снизилась на 84%, масса – на 90%. С увеличенной нормой – снизилась на 94%, масса – на 99%, но с негативным воздействием на рост и развитие растений льна.

Наибольшая биологическая эффективность была достигнута в варианте с рекомендуемой нормой расхода гербицидов: по количеству – 89%, по массе – 91%.

Увеличение средней дозы гербицидов при сильном засорении участка без обработки посевов адаптогенными препаратами показало снижение урожайности на 3,9%. Применение кремнийсодержащих препаратов оказывало стимулирующее действие на рост растений льна. В условиях применения гербицидов в рекомендованной и уменьшенной нормах обработанные варианты дали прибавку урожайности льносолумы 4,2–8,4 ц/га.

Биологическая урожайность льна-долгунца сорта Универсал в среднем за два года в контрольном варианте составила 58,0 ц/га. Обработка всходов препаратом АраSil стимулировала ростовые процессы и прохождение фаз, особенно на начальных этапах развития, что доказывается прибавкой урожайности 8,9 ц/га на фоне обработки гербицидной композицией в уменьшенной норме.

Таким образом, установлено, что грамотное снижение пестицидной нагрузки на 10% при использовании интегрированной системы (севооборот, устойчивые сорта, экономические пороги вредоносности, щадящие инсектициды) не приводит к существенному ухудшению фитосанитарной обстановки. Все экспериментальные схемы обеспечили сохранение урожайности на уровне 85–98% от контроля. Снижение пестицидной нагрузки в посевах льна-долгунца возможно без критических потерь урожая при условии перехода на научно-обоснованную интегрированную систему защиты растений. Ключевыми элементами такой системы являются: мониторинг и прогноз развития вредных объектов, использование толерантных сортов, севооборот, применение препаратов с избирательным действием и биологических средств. Оптимальным является поэтапное, адаптивное сокращение химических обработок на основе фитосанитарного мониторинга, что обеспечивает экологическую и экономическую устойчивость льноводства.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алибеков М.Б. Возможности и проблемы применения регуляторов роста, фунгицидов, гербицидов и их композиций в льноводстве / М.Б. Алибеков, О.А. Савоськина, Н.А. Кудрявцев, Л.А. Зайцева // Аграрный вестник Верхневолжья. – 2019. – № 1 (26). – С. 36–42.

2. Еремич В.В. Фитосанитарное состояние посевов льна-долгунца при использовании гербицидов и их смесей / В.В. Еремич, Д.А. Батюков, В.Г. Тарануха // Технологические аспекты возделывания сельскохозяйственных культур: Сборник статей по материалам XIII Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию кафедры растениеводства, Горки, 30–31 января 2019 года. – Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2019. – С. 84–87.

3. Кудрявцев Н.А. Экологизированное применение регуляторов роста, фунгицидов и гербицидов при возделывании льна / Н.А. Кудрявцев, Л.А. Зайцева, М.Б. Алибеков, О.А. Савоськина // Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства: сборник научных трудов по материалам V Международной научной экологической конференции, посвященной 95-летию Кубанского ГАУ, Краснодар, 28–30 марта 2017 года. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2017. – С. 313–317.

4. Ростовцев Р.А. Научное обеспечение отрасли льноводства и коноплеводства в Российской Федерации / Р.А. Ростовцев, И.В. Ущাপовский // Лубяные культуры: производство и переработка: Материалы международной научно-практической конференции ФГБНУ ФНЦ ЛК, Тверь, 20–21 ноября 2024 года. – Тверь: ООО «Идея», 2024. – С. 3–6.

5. Савоськина О.А. Эффективность гербицидов в посевах льна-долгунца / О.А. Савоськина, С.И. Чебаненко, В.А. Земецкий // Воспроизводство плодородия почв и создание устойчивых агробиоценозов: Материалы Международной научно-практической конференции «110 лет Длительному полевому стационарному опыту РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева», Москва, 30 июня – 01 июля 2022 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, 2022. – С. 21–26.

6. Ущাপовский И.В. Изучение биорегуляторов для предотвращения действия гербицидов на посевах льна-долгунца / И.В. Ущাপовский, Е.М. Корнеева, С.Л. Белопухов [и др.] // Агрохимический вестник. – 2014. – № 4. – С. 27–29.

7. Федорова С.М. Засоренность и урожайность льна-долгунца в зависимости от гербицидов / С.М. Федорова // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: Сборник докладов XII Международной научно-практической конференции молодых учёных. В 2-х томах, Великие Луки, 13–14 апреля 2017 года. Том 1. – Великие Луки: Великолукская государственная сельскохозяйственная академия, 2017. – С. 76–80.

8. Янишевская О.Л. Совместное использование гербицидов и кремния в посевах льна-долгунца / О.Л. Янишевская, Л.А. Дорожкина, В.П. Янишевский // Плодородие. – 2010. – № 4 (55). – С. 17–19.

# PHYTOSANITARY STATUS OF LONG-LEAF FLAX CROPS WITH REDUCED PESTICIDE LOAD

Grits N.V.<sup>1</sup>, Piskarev N.S.<sup>2</sup>

*<sup>1</sup>Federal State Budgetary Budgetary Institution Federal Scientific Center  
of Bast Crops, Tver, Russia, n.gritz@fncl.ru*

*<sup>2</sup>Federal State Budgetary Budgetary Institution All-Russian Scientific Research  
Institute of Phytopathology, Bolshye Vyazemy, Russia*

**Abstract:** The article is devoted to the study of the phytosanitary condition of flax crops with a decrease in the intensity of pesticide use. Changes in the level of weed spread in conditions of reduced protection by herbicides are considered. Experimental data on the yield of flax depending on the agrotechnical measures used and alternative methods of weed control are presented.

**Keywords:** fiber-flax, phytosanitary condition, herbicides, pesticide load.

# ФЛУОРЕСЦЕНТНАЯ РЕАКЦИЯ ПРОРОСТКОВ ПШЕНИЦЫ ПРИ АДАПТАЦИИ СОРТОВ К ИНФИЦИРОВАНИЮ *BIPOLARIS SOROKINIANA*

Гурова Т.А., Чесноченко Н.Е.

*Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий  
Российской академии наук, Новосибирская область, пос. Краснообск, Россия,  
e-mail: guro-tamara@yandex.ru*

**Аннотация:** На уровне фотосинтетического аппарата подтверждена информативность параметров флуоресценции хлорофилла листьев (ФлХ)  $Y(II)$ ,  $ETR$ ,  $qP$ ,  $Fv / Fm$ ,  $Fv / Fo$ ,  $Y(NPQ)$ ,  $qN$  и  $Y(NQ)$  в качестве биомаркеров оценки устойчивости сортов яровой пшеницы при инфицировании *Bipolaris sorokiniana* Shoem. (*B. sorokiniana*) 5000 конидий на зерновку. Установлена сортовая специфика формирования адаптивных реакций 10–16 суточных проростков. У более устойчивых сортов Новосибирская 29 и Сибирская 21 установлены наименьшие изменения параметров ФлХ относительно контроля по сравнению с сортом Новосибирская 41. Наибольшие межсортовые различия при инфицировании *B. sorokiniana* (от 1,9 до 8,6 раза) проявлялись у 16-суточных проростков.

**Ключевые слова:** пшеница, сорт, устойчивость, *Bipolaris sorokiniana* Shoem., фотосинтез, параметры флуоресценции хлорофилла.

## ВВЕДЕНИЕ

Фитопатогенный микромицет *Bipolaris sorokiniana* Shoem., (сокр. *B. sorokiniana*) – возбудитель обыкновенной корневой гнили злаков, вредоносного и имеющего существенное значение заболевания пшеницы в основных зерносеющих районах мира, включая Сибирский регион [1, 2]. Потери урожая в среднем составляют 15–50% в результате снижения продуктивной кустистости, озерненности колоса и массы зерна [3].

Одним из путей снижения отрицательного воздействия заболевания является обоснованный выбор адаптивных (устойчивых) к болезни сортов. Критерием оценки при разработке неразрушающих методов сортового отбора является анализ фотосинтеза растений. Нарушение фотосинтетической активности определяется методом регистрации ФлХ, характеристики которой позволяют оценить работу фотосинтетического аппарата, в том числе долю энергии, используемой для фотохимических реакций [4]. Метод используется для оценки устойчивости пшеницы и ячменя к абиотическим и биотическим стрессам: температурному, засухе, кислотности, засолению, гербицидам и болезням [5–7].

Цель нашей работы – исследовать адаптивные реакции сортов яровой мягкой пшеницы при действии *B. sorokiniana* по параметрам ФЛХ для оценки стрессоустойчивости сортов.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Экспериментальная работа выполнена в лаборатории изучения физических процессов в агрофитоценозах Сибирского физико-технического института СФНЦА РАН.

Исследования проведены в лабораторных условиях (рулонная водная культура) на проростках районированных сортов яровой мягкой пшеницы среднеранних: Новосибирская 41, Сибирская 21 и Новосибирская 29 селекции СибНИИРСИЦиГ СО РАН.

Варианты опытов: а) контроль (без стрессорной нагрузки); б) инфекционный фон (инфицирование семян *B. sorokiniana* 5000 конидий на одну зерновку).

На третьи сутки культивирования предварительно стерилизованные проросшие семена инфицировали конидиальной суспензией смеси среднепатогенных изолятов *B. sorokiniana*. Далее проростки выращивали в климакамере «Биотрон-7» в рулонной культуре на водопроводной воде [7].

Кинетику и параметры ФЛХ регистрировали с помощью флуориметра Dual-РАМ-100/F в режиме Slow Kinetics. Получали следующие параметры ФЛХ:

$F_0$ ,  $F_m$  – минимальный и максимальный уровень ФЛХ, вызванный импульсом света после адаптации листьев к темноте;  $F_o'$ ,  $F_m'$  – минимальный и максимальный уровень ФЛХ, вызванный импульсом света после адаптации листьев к свету;  $F_v / F_m$  – максимальный фотохимический квантовый выход ФС II после адаптации листьев к темноте;  $Y(II)$  – эффективный фотохимический квантовый выход ФС II после адаптации листьев к свету;  $qP$  – коэффициент фотохимического тушения ФЛХ;  $qN$  – коэффициент нефотохимического тушения ФЛХ;  $Y(NPQ)$  – квантовый выход регулируемого нефотохимического тушения ФЛХ;  $Y(NO)$  – квантовый выход нерегулируемого нефотохимического тушения ФЛХ;  $ETR$  – скорость электронного транспорта. Рассчитывали переменную (вариабельную) ФЛХ:  $F_v = F_m - F_o$  и фотохимический квантовый выход ФС II при блокировке переноса электронов от первичного акцептора пластохинона ( $Q_A$ ) после адаптации листьев к темноте по формуле  $F_v / F_o$  [6].

Повторность опытов аналитическая 15-кратная, биологическая 3-кратная. Экспериментальные данные математически обрабатывались с помощью стандартных статистических программ. Значимость различий средних значений определяли по t-критерию Стьюдента. Ошибка среднего не превышала 1,0–1,5%. Проведено три серии экспериментов. Реакцию сорта определяли по относительному изменению измеряемых параметров ФЛХ проростков после экспозиции

растений на стрессоре. Чем меньше изменения параметров, тем выше устойчивость в исследуемой группе сортов.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Стресс, вызванный действием *B. sorokiniana*, достоверно ( $p \leq 0,05$ ) по сравнению с контролем увеличивал ингибирование фотосинтетической активности начиная с 14 до 16-суточного возраста проростков у всех сортов (см. таблицу). У 10 и 12-суточных проростков достоверного изменения параметров фотохимии не установлено.

Таблица 1

### Динамика параметров флуоресценции хлорофилла листьев проростков сортов пшеницы при инфицировании *B. sorokiniana*

Возраст	Вариант	Параметры ФЛХ							
		$Y(II)$	$Y(NPQ)$	$Y(NO)$	$qP$	$qN$	$ETR$	$F_v/F_m$	$F_v/F_0$
		сорт Новосибирская 41							
14	контроль	5,9±0,3	0,9±0,04	5,9±0,3	3,5±0,1	2,3±0,2	241,3±6,3	0,68±0,01	2,1±0,2
	<i>B. sorokiniana</i>	5,9±0,2	1,2±0,03*	4,9±0,2	3,5±0,2	2,9±0,3*	239,8±6,3	0,67±0,02	2,0±0,1
16	контроль	6,1±0,3	0,9±0,3	4,9±0,2	3,8±0,3	2,4±0,3	248,9±0,3	0,65±0,02	1,8±0,1
	<i>B. sorokiniana</i>	3,9±0,2*	3,0±0,03**	5,0±0,2	3,2±0,2*	5,5±0,4**	157,1±7,2*	0,58±0,01*	1,3±0,1*
		сорт Новосибирская 29							
14	контроль	5,9±0,2	0,85±0,02	4,3±0,1	3,6±0,2	2,1±0,1	226,6±7,3	0,72±0,02	2,5±0,2
	<i>B. sorokiniana</i>	5,6±0,3	1,32±0,01*	5,1±0,2*	3,2±0,1	3,0±0,3	224,0±6,9	0,71±0,02	2,4±0,2
16	контроль	5,2±0,2	1,19±0,01	5,5±0,2	2,9±0,1	2,6±0,1	210,5±6,1	0,74±0,02	2,7±0,2
	<i>B. sorokiniana</i>	5,1±0,1	1,51±0,02*	5,3±0,1	3,1±0,1	3,2±0,2*	205,7±6,0	0,71±0,02	2,4±0,2
		сорт Сибирская 21							
14	контроль	6,4±0,3	0,76±0,02	4,7±0,2	3,5±0,2	2,1±0,1	263,5±8,9	0,71±0,02	2,4±0,2
	<i>B. sorokiniana</i>	5,2±0,1*	0,75±0,02	5,9±0,3*	3,2±0,1	1,9±0,1	214,6±6,9*	0,63±0,01	1,7±0,1*
16	контроль	6,3±0,2	1,11±0,1	4,5±0,1	3,6±0,2	2,9±0,2	260,6±8,8	0,70±0,02	2,4±0,2
	<i>B. sorokiniana</i>	5,5±0,2*	0,84±0,02*	5,6±0,2*	3,4±0,1	2,1±0,1*	225,1±7,1*	0,66±0,01	2,0±0,1*

\*Различия с контролем достоверны на уровне значимости  $p \leq 0,05$ .

Установлена сортовая специфика формирования адаптивных реакций. У сорта Новосибирская 29 уменьшалось тепловое рассеяние энергии возбужденного хлорофилла ФС II, что привело к снижению значений  $Y(NPQ)$ ,  $qN$  и  $Y(NO)$  от 1,8 до 4,7 раз при недостоверном изменении параметров фотохимического тушения  $Y(II)$ ,  $ETR$  и  $qP$  с 14 по 16 сутки культивирования проростков. Параметры  $F_v / F_0$  и  $F_v / F_m$  изменялись недостоверно.

Адаптационные механизмы сорта Сибирская 21 направлены на снижение подавления фотохимического тушения – уменьшались значения относительного изменения параметров  $Y(II)$ ,  $ETR$  до 1,4 раза. Кроме того, снижались в 1,5–1,7 раза значения относительного изменения параметров  $Fv / F_0$ , а также  $Y(NPQ)$  и  $qN$  до 27,5% с 14 по 16 сутки культивирования.

У сорта Новосибирская 41 с 14 по 16 сутки культивирования наблюдалось резкое увеличение значений  $qN$  и  $Y(NPQ)$  на 129,2 и 233,0% по сравнению с контролем, т. е. регулируемое нефотохимическое тушение ФЛХ действует как защитный механизм против избыточной энергии возбуждения. Однако, при этом установлено достоверное ( $p \leq 0,05$ ) снижение значений параметров  $Y(II)$ ,  $ETR$ ,  $qP$ ,  $Fv/Fm$ ,  $Fv / F_0$  от 15,3 до 45,6%, т. е. происходило подавление фотосинтетической активности при действии патогена.

Разница в изменении параметров фотосинтетической активности при одинаковой стрессовой нагрузке *B. sorokiniana* между исследованными сортами указывает на различные механизмы толерантности и стратегии преобразования световой энергии в химическую. В целом растения реагируют на стрессоры, активируя защитно-приспособительные механизмы с целью поддержания фотосинтетической активности для приспособления к новым условиям среды. Это может включать в себя увеличение способности к рассеянию энергии, которое обнаруживается увеличением параметров нефотохимического тушения  $Y(NPQ)$ ,  $qN$  без изменения максимальной квантовой эффективности ФС II  $Fv / Fm$  и  $Fv / F_0$ . [8]. Такой процесс мы наблюдаем у 14-суточных проростков всех сортов. Только у сорта Сибирская 21 происходит частичное фотоингибирование, обнаруженное по снижению значения  $Y(II)$ . Однако у 16-суточных проростков данного сорта снижается ингибирование параметров фотохимии  $Y(II)$  и  $ETR$  в 1,5 раза.

Нарастающее стрессорное напряжение у 16-суточных проростков сортов Сибирская 21 и Новосибирская 41 привело к снижению  $Y(II)$ ,  $qP$  и  $ETR$  на 12,6–36,9%, и увеличению  $Y(NPQ)$  и  $qN$  от 23,0% до 233,3% по сравнению с контролем у всех сортов. Однако необратимой потери функциональности ФС II в условиях нашего эксперимента не наблюдалось. По мнению Pérez-Bueno et al. только в случае серьезной необратимой потери функциональности ФС II могут уменьшаться параметры как фотохимического так и нефотохимического тушения ФЛХ [8].

Стрессовая нагрузка *B. sorokiniana* (5000 конидий на одну зерновку) и длительность ее действия в условиях эксперимента (16 суток) позволили установить максимальные межсортовые различия. Устойчивость сортов к *B. sorokiniana* изменялась в ряду по убыванию: Новосибирская 29 – Сибирская 21 – Новосибирская 41. Реакция более устойчивых сортов Новосибирская 29 и Сибирская 21 на

внедрение патогена оказалась менее выраженной – наименьшие или недостоверные изменения параметров ФлХ относительно контроля. Аналогичные результаты реакции различающихся по устойчивости сортов зерновых культур на биострессоры получены другими исследователями [6, 9]. Предложенный подход позволит разработать неразрушающий метод ранней диагностики стрессоустойчивости сортов яровой пшеницы к возбудителю обыкновенной корневой гнили злаков *Bipolaris sorokiniana* Shoem.

Работа выполнена в рамках Государственного задания (тема № 533-2024-0004).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Xiong Y., McCarthy C., Humpa J., & Percy C. A review on common root rot of wheat and barley in Australia. *Plant Pathology*, 2023, 1 (72), P. 1347–1364.
2. Торопова Е.Ю., Соколов М.С. Роль сорта в контроле обыкновенной корневой гнили яровой пшеницы. *Агрохимия*, 2018, 11, 48–59.
3. Долженко В.И., Власенко Н.Г., Власенко А.Н. и др. Зональные системы защиты яровой пшеницы от сорняков, болезней и вредителей в Западной Сибири. Новосибирск: ГНУ СибНИИЗиХ, 2014.
4. Нестеренко Т.В., Тихомиров А.А., Шихов В.Н. Физиологический (интеграционный) подход при использовании параметров флуоресценции хлорофилла листьев растений. *Физиология растений*, 2022, 69 (3), 306–316.
5. Гольцев В.Н., Каладжи Х.М., Паунов М., Баба В., Хорачек Т., Мойски Я., Коцел Х., Аллахвердиев С.И. Использование переменной флуоресценции хлорофилла для оценки физиологического состояния фотосинтетического аппарата растений. *Физиология растений*, 2016, 63 (6), 881–907.
6. Diana Saja, Anna Janeczko, Balázs Barna, Andrzej Skoczowski, Michał ziuorka, Andrzej Kornaś and Gábor Gullner. Powdery Mildew-Induced Hormonal and Photosynthetic Changes in Barley Near Isogenic Lines Carrying Various Resistant Genes. *International Journal Molecular Sciences*, 2020, 21 (12), 4536.
7. Гурова Т.А., Чесноченко Н.Е. Флуоресценция хлорофилла листьев пшеницы при инфицировании *Bipolaris sorokiniana*, хлоридном засолении и гипертермии семян. *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*, 2022, 52 (6), 12–28.
8. Pérez-Bueno M.L., Pineda M. and Barón M. Phenotyping Plant Responses to Biotic Stress by Chlorophyll Fluorescence Imaging. *Frontiers in Plant Science*, 2019, 43, 1135.
9. Katanić Z, Mlinarić S, Katanić N, Ćosić J, Španić V. Photosynthetic Efficiency in Flag Leaves and Ears of Winter Wheat during Fusarium Head Blight Infection. *Agronomy*, 2021, 11 (12), 2415.

**FLUORESCENT REACTION OF WHEAT SEEDLINGS DURING  
ADAPTATION OF VARIETIES TO INFECTION  
BY *BIPOLARIS SOROKINIANA***

Gurova T.A., Chesnochenko N.E.

*Siberian Federal Scientific Center of Agro-BioTechnologies RAS*

*Krasnoobsk, Novosibirsk Region 630501*

e-mail: *guro-tamara@yandex.ru*

**Abstract:** At the level of the photosynthetic apparatus, the informativeness of the leaf chlorophyll fluorescence (ChlF) parameters Y(II), ETR, qP, Fv / Fm, Fv / Fo, Y(NPQ), qN and Y(NQ) as biomarkers for assessing the resistance of spring wheat varieties to *Bipolaris sorokiniana* Shoem (*B. sorokiniana*) infection 5000 conidia per grain was confirmed. Varietal specificity in the formation of adaptive responses in 10–16 day-old seedlings was established. The more resistant varieties Novosibirskaya 29 and Sibirskaia 21 showed the smallest changes in ChlF parameters relative to the control compared to the Novosibirskaya 41 variety. The greatest intervarietal differences in *B. sorokiniana* infection (from 1.9 to 8.6 times) were manifested in 16-day-old seedlings.

**Keywords:** wheat, variety, resistance, *Bipolaris sorokiniana* Shoem., photosynthesis, chlorophyll fluorescence parameters.

# ИНДУЦИРОВАННАЯ ТРИФЛОКСИСТРОБИНОМ СИСТЕМНАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ ЯБЛОНИ К АБИОТИЧЕСКИМ СТРЕССАМ

Добренко И.Е., Зуева Ю.В.

*ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт  
фитопатологии» ФГБНУ ВНИИФ, Большие Вяземы*

**Аннотация:** Трифлуксистербин – это фунгицид химического класса стробилурины, который обладает широким спектром действия против грибных инфекций. В данной статье мы хотим продемонстрировать что предварительная обработка саженцев яблони трифлуксистербином способствовало к ускорению роста растений и повышению содержания хлорофилла в листьях по сравнению с контрольным и эталонными рядами яблони. При опытах в контролируемых условиях относительное содержание воды в листьях и процент выживаемости саженцев указывали на то, что растения приобретали системную устойчивость к засухе после обработки трифлуксистербином. Скорость восстановления при регидрации у саженцев яблони, подвергнутых засухе, была выше у тех, кто предварительно обрабатывался трифлуксистербином по сравнению с контрольными и эталонными саженцами. Индуцированная трифлуксистербином устойчивость к засухе сохранялась в течении 25 дней после первоначального нанесения. Саженцы яблони, обработанные трифлуксистербином также проявляли системную устойчивость к высоким температурам, похолоданиям и кратковременным заморозкам. Эти результаты позволяют предположить, что применение синтетического фунгицида трифлуксистербин индуцирует системную устойчивость к определённым абиотическим стрессам у растений саженцев яблони.

**Ключевые слова:** трифлуксистербин, холод, заморозки, засуха, стресс, высокая температура, индуцированная системная устойчивость, стимуляция саженцев яблони.

В связи со своей неподвижностью растения используют множество адаптивных стратегий для борьбы с различными абиотическими и биотическими стрессами. Известно, что применение некоторых химических веществ и ассоциированных с растениями микроорганизмов создают механизмы устойчивости к абиотическим и биотическим стрессам [8]. При системной приобретённой устойчивости растения развивают широкий спектр системной устойчивости к инфекционным болезням при атаке патогенов и абиотическим стрессам после обработки растений химическими соединениями [5]. Колонизация корней микроорганизмами при биологическом контроле также вызывает системную устойчивость, известную как индуцированная системная устойчивость (ISR), к абиотическим стрессам и широкому спектру заболеваний, вызываемых бактериальными, грибными патогенами [4].

Недавние исследования показали, что применение некоторых химических препаратов может индуцировать системную устойчивость к абиотическим и биотическим стрессам [7]. Растения, обработанные одним химическим индуктором,  $\beta$ -аминомасляной кислотой (БАМК), демонстрируют двойную индукцию устойчивости к абиотическим и биотическим стрессам [1].

Трифлуксистеробин, фунгицид класса стробилуринов, используется для борьбы с широким спектром заболеваний растений благодаря своему широкому спектру противогрибковой активности [6]. Трифлуксистеробин блокирует перенос электронов и ингибирует митохондриальное дыхание гриба-мишени [2]. В данной работе мы исследовали, способен ли трифлуксистеробин индуцировать системную устойчивость к абиотическим стрессам, таким как засуха, низкие температуры, заморозки и высокие температуры, у саженцев яблони. Научным коллективом было исследовано ростостимулирующее действие трифлуксистеробина и индуцированную им системную устойчивость к болезням яблони.

Влияние предварительной обработки трифлуксистеробина на рост растений и содержание хлорофилла. Поверхностно обработанные саженцы яблони сорта Голден Делишес высаженные в горшках для определения влияния водно-диспергируемых гранул (ВДГ) трифлуксистеробина 500 г/кг на рост растений и фотосинтез. Трифлуксистеробин 500 г/кг ВДГ был получен от компании ООО «Листерра» и был разбавлен водой в следующей пропорции (рис. 1).

Формуляция	На 10 саженцев		
	Норма расхода, кг	Рабочий раствор, л	Раствор, л на 10 саженцев
Трифлуксистеробин, ВДГ 500 г/кг (опыт)	0,02	3,75	2 (0,0053 кг/л)
	0,02	7,5	2 (0,0026 кг/л)
	0,02	15	2 (0,0013 кг/л)
Меди хлорокись, СТС 500 г/кг (эталон)	0,2	3,75	2 (0,053 кг/л)
	0,2	7,5	2 (0,026 кг/л)
	0,2	15	2 (0,013 кг/л)
Вода (контроль)	0	3,75	2
	0	7,5	2
	0	15	2

Рис. 1. Схема опыта

в пересчёте с гектарной нормы:

1) 0,02 кг на 3,75 л (0,15 кг на 300 л воды/га) (двойная доза), 2 л раствора на 10 саженцев;

2) 0,02 кг на 7,5 л (0,15 кг на 600 л воды/га) (стандартная доза), 2 л раствора на 10 саженцев;

3) 0,02 кг на 15 л (0,15 кг на 1200 л воды/га) (половинная доза), 2 л раствора на 10 саженцев.

В качестве эталона использовался хлорокись меди, 500 г/кг в виде сухой текучей суспензии (СТС) в пересчёте с гектарной нормы:

1) 0,2 кг на 3,75 л (2 кг на 300 л воды/га) (двойная доза), 2 л раствора на 10 саженцев;

2) 0,2 кг на 7,5 л (0,2 кг на 600 л воды/га) (стандартная доза), 2 л раствора на 10 саженцев;

3) 0,2 кг на 15 л (0,2 кг на 1200 л воды/га) (половинная доза), 2 л раствора на 10 саженцев.

В качестве контрольного образца использовалась дистиллированная вода 2 л на 10 саженцев. Саженцы яблони выращивали в нейтральном торфе в 3 л горшках. Эксперименты в горшках проводились в теплице на базе хозяйства ГБУ СО НИИ «Жигулёвские сады». Растворы препаратов (0,2 л на растение) применялись путём опрыскивания листьев для оценки индуцированной устойчивости к стрессовым факторам окружающей среды и путём пропитки субстрата и смачивания корней для оценки индуцированной устойчивости растений к болезням.

Через неделю после обработки растворами трифлуксистробина, меди хлорокись в разных пропорциях и дистиллированной водой саженцы яблони подвергались воздействию абиотическими факторами (засухе, высоким температурам, кратковременному замораживанию).

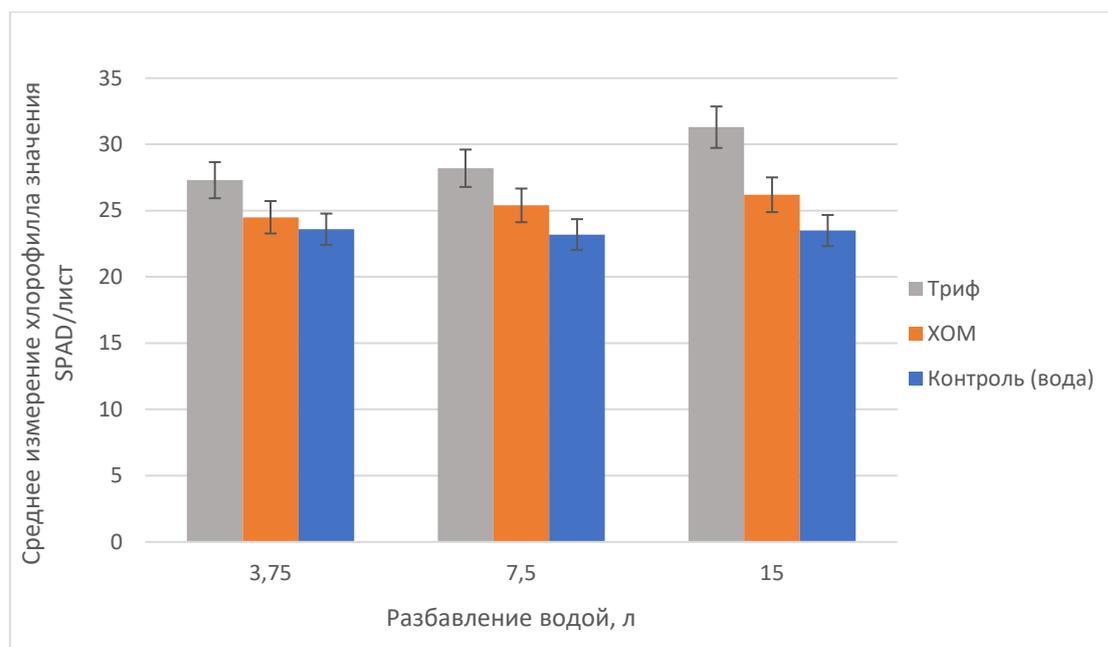


Рис. 2А. Среднее измерение хлорофилла значения SPAD/лист

Через 6 недель после воздействия опытными фунгицидами проводилось измерение хлорофилла в листьях SPAD-502 (Minolta Co., Токио, Япония) у 10 саженцев каждого варианта, а также измерялась их высота. Содержание хлорофилла в листьях саженцев яблони, обработанных трифлуксистробином, разбавленных в 7,5 и 15 л воды было значительно выше, чем разбавленный в 3,75 л (рис. 2 А).

Высота растений саженцев яблони обработанных трифлуксистробином, ВДГ 500 г/кг нормой 0,02 кг разбавленных в 15 л воды значительно увеличилась по сравнению с другими обработками и контролем (рис. 2Б).

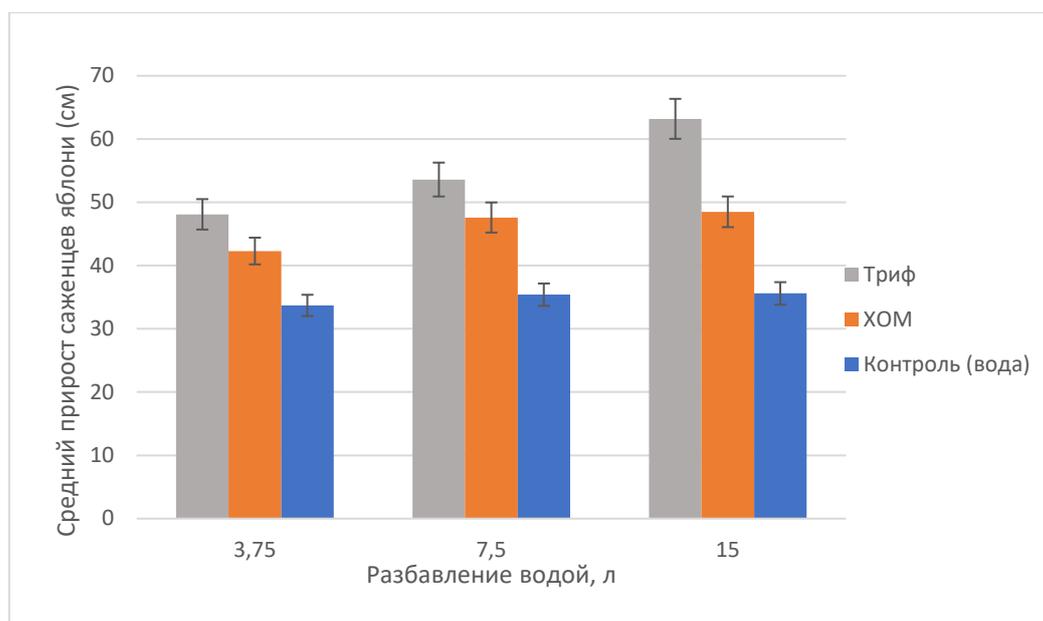


Рис. 2Б. Средний прирост саженцев яблони по вариантам опыта

Рост саженцев яблони немного стимулировался стандартной дозировкой на эталонном варианте хлорокись меди (0,2 кг на 7,5 л). Ранее отмечалось, что некоторые стробилуриновые фунгициды вызывают физиологическое и метаболическое воздействие: «у пшеницы крезоксим-метил подавляет биосинтез этилена и увеличивает выработку цитокинина, что возможно, объясняет задержку старения и усиление зелёного пигмента в листьях обработанных фунгицидом растений» [3]. Применение триазольных фунгицидов триадимифона и гексаконазола к белому ямсу ингибирует амилазу и увеличивает содержание крахмала и сахара, а, следовательно, и вес биомассы [9]. Механизмы, лежащие в основе усиления роста и содержания хлорофилла, вызванного трифлуксистробином, требуют дальнейшего выяснения.

Индукцированная системная толерантность трифлуксистробином к различным абиотическим стрессам, например, к засухоустойчивости у саженцев яб-

лони, определёнными дозировками опытных, эталонных и контрольных образцов проводились в течении дня вместе с поливом. Далее в течении 10 дней растения подвергались подсушиванию при относительной температуре воздуха в теплице 35 °С. Для измерения водного статуса, листья растений срезались с саженцев, выращенных в горшках в течении 10 дней после перенесённого стресса засухи и относительное содержание воды (ОСВ) определялось для оценки серьёзности стресса засухи. Вырезанные листья, с центрального стебля взвешивались (ВЛ), после чего подвергались воздействию дистиллированной воды в темноте при температуре 40 °С в течении 24 часов и взвешивались для определения свежего тургорного веса (СТВ). Листья переносились в бумажный конверт и высушивались при 65 °С в течении 24 часов, а высушенные образцы взвешивались для определения сухого веса (СВ). ОСВ был рассчитан на основе этих измерений следующим образом:  $ОСВ = (ВЛ * СВ) / (СТВ * СВ)$ .

Внекорневая обработка растений саженцев яблони трифлуксистробинном индуцировала устойчивость к засухе (рис. 3А)

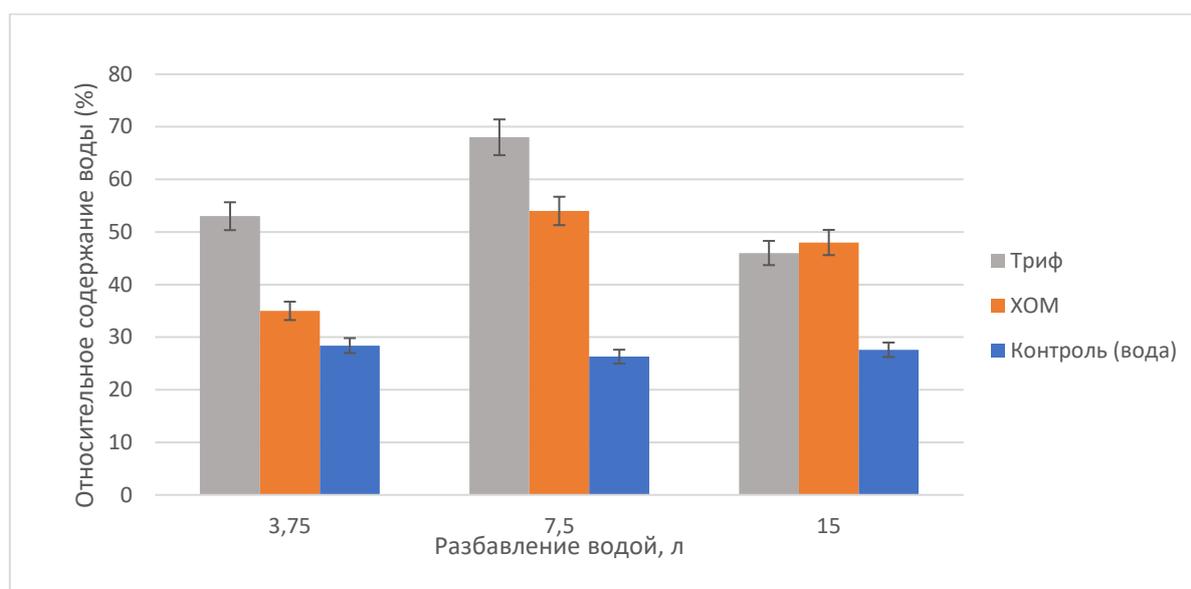


Рис. 3А. Влияние обработки саженцев на переносимость засухи

Обработка растений стандартными и двойными дозами трифлуксистробина привела к наивысшей выживаемости саженцев после засухи. Значительная устойчивость к засухе отмечалась у заниженной нормы эталонного образца и опытного по сравнению с контролем.

Через пять дней после обработки вариантами растворов саженцы подвергались воздействию экстремально низких температур –8 °С в течении 3 часов для изучения реакции на замораживание, а при холодном стрессе –2 °С в течении 8 часов. Далее растениям возвращали комнатную температуру, а затем и есте-

ственную тепличную. Предварительная обработка стандартной дозой трифлуксистробина (0,02 кг на 7,5 л воды) и двойной дозы (0,02 кг на 3,75 л воды) показали более высокую устойчивость к холодovому стрессу, а также к кратковременному замораживанию (рис. 4 А и 4Б).

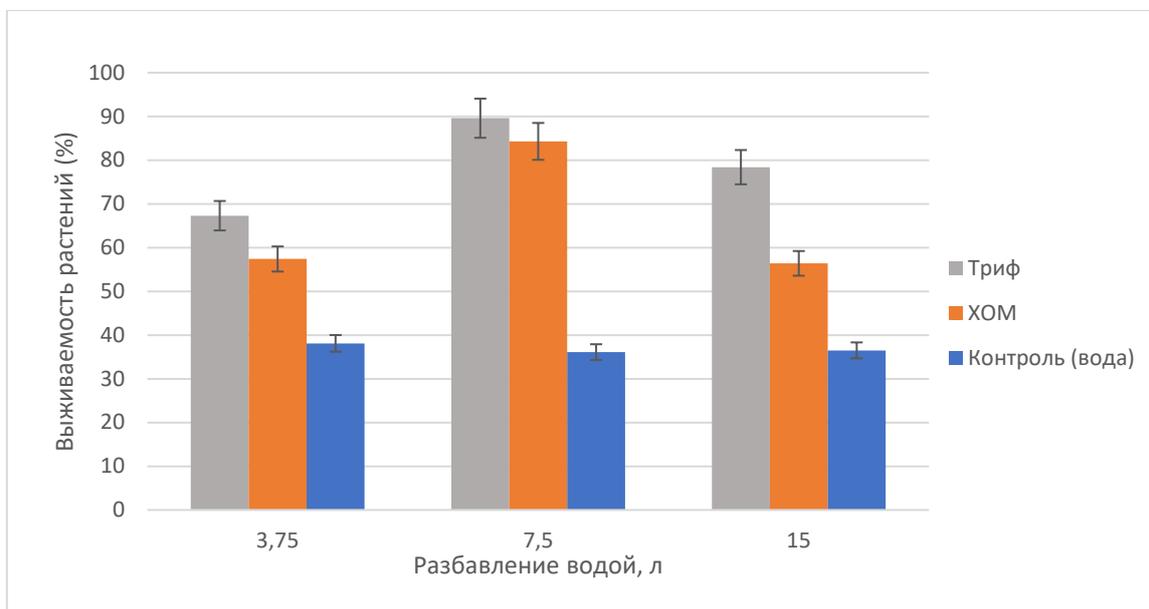


Рис 3Б. Выживаемость саженцев при экстремальной засухе

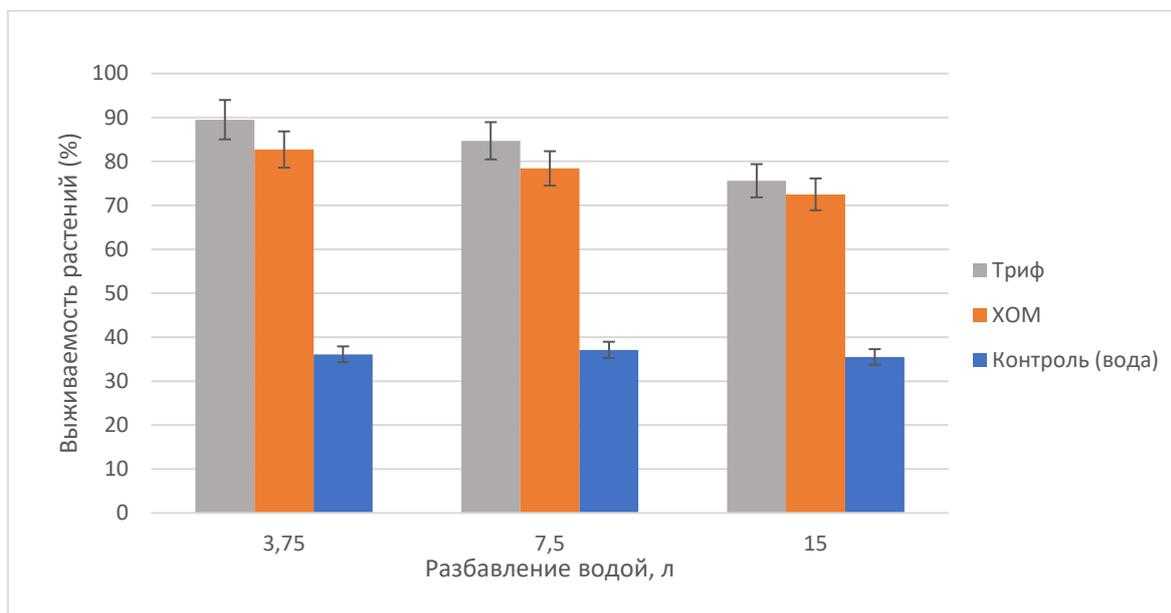


Рис. 4А. Устойчивость саженцев к холодovому стрессу

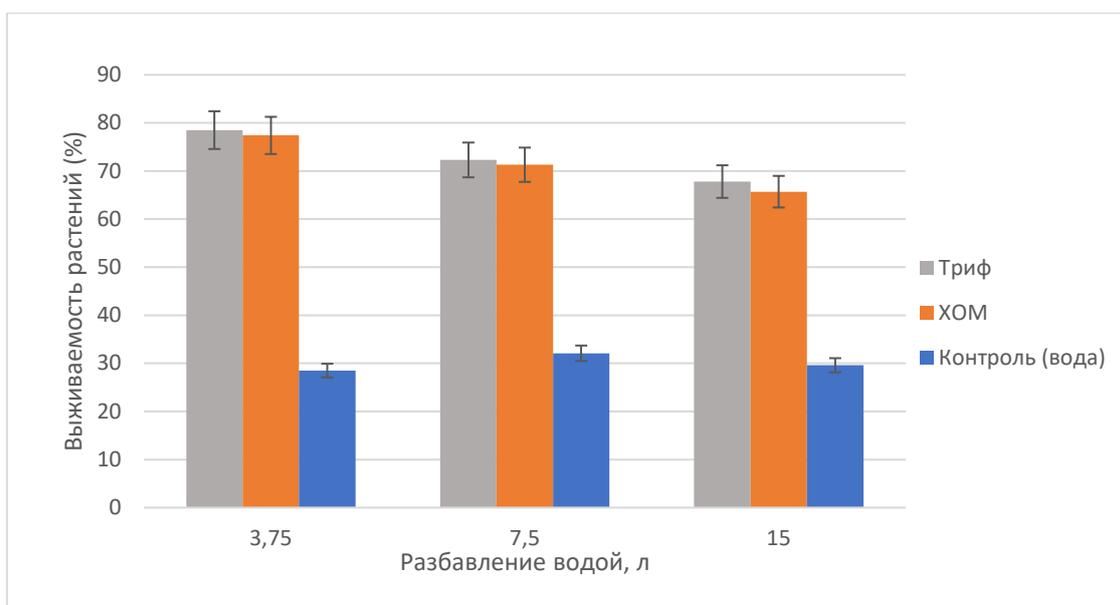


Рис. 4Б. Устойчивость саженцев к кратковременному замораживанию

## ВЫВОДЫ

Внекорневая обработка саженцев яблони трифлуксистробином приводила к значительному повышению содержания хлорофилла (по данным SPAD) по сравнению с контролем: наиболее выраженный эффект наблюдался при разведениях трифлуксистробина, ВДГ 500 г/кг нормой 0,02 кг соответствующих 7,5 и 15 л рабочего раствора, по сравнению с более концентрированным разведением (0,02 кг на 3,75 л воды).

Обработка трифлуксистробином, ВДГ 500 г/кг, норма 0,02 кг в разведении на 15 л воды заметно стимулировала прирост высоты саженцев по сравнению с контролем и другими вариантами обработки. Эталонная доза хлорокиси меди (0,2 кг на 7,5 л воды) оказала лишь незначительное стимулирующее действие на рост.

Предварительная обработка трифлуксистробином повышала устойчивость саженцев к абиотическим стрессам: наблюдалась более высокая выживаемость и лучшее состояние при засухе, повышенная переносимость высоких температур и большая устойчивость к кратковременному замораживанию/холодовому стрессу у стандартных и у двойных доз трифлуксистробина по сравнению с контролем.

Наблюдаемые эффекты соответствуют феномену прайминга (индуцированной системной толерантности от воздействия трифлуксистробина): предварительная химическая обработка повышает готовность растений к более быстрому и/или усиленному ответу на последующие абиотические воздействия.

Механистически улучшение содержания хлорофилла и ростовых показателей, вероятно, связаны с физиологическими и метаболическими эффектами стробилуринов (влияние на гормональный баланс, задержку старения листьев,

модуляцию обмена ROS и антиоксидантной защиты). Однако точные молекулярно-биохимические механизмы требуют дополнительного исследования.

Практическое значение: трифлостробин в исследованных режимах имеет потенциал как средство не только для контроля патогенов, но и для улучшения физиологической устойчивости и роста саженцев яблони; это может быть полезно при подготовке посадочного материала и в агротехнических схемах, ориентированных на стрессоустойчивость.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Harms S., Seehaus K., Koel H., Konrat U. Fungicide strobilurin increases tobacco resistance to tobacco mosaic virus and *Pseudomonas syringae* pv. *tabaci* // *Plant Physiology*. – 2002. – Vol. 130. – P. 120–127.
2. Bartlett D.V., Clough J.M., Godwin J.R., Hall A.A., Harmer M., Parr-Dobzhansky B. Strobilurin-based fungicides // [Journal not specified]. – 2002. – Vol. 230. – P. 135–136.
3. Grossmann K., Rechlaß G. Bioregulatory action of the strobilurin fungicide kresoxim-methyl on wheat (*Triticum aestivum*) // *Pesticide Science*. – 1997. – Vol. 50. – P. 50 – 63.
4. Kim Y.K., Leveau J., MacSpadden-Gardener B.B., Pearson E.A., Pearson III L.S., Ryu K.M. Multifactorial basis of plant-health improvement by plant-associated bacteria // *Applied and Environmental Microbiology*. – 2011. – Vol. 77. – P. 1548–1555.
5. Ryals J.A., Neuenschwander U.H., Willits M.G., Molina A., Steiner H.I., Hunt M.D. Systemic acquired resistance // *The Plant Cell*. – 1996. – Vol. 8. – P. 1809–1819.
6. Reuveni M. Efficacy of trifloxystrobin (Flint), a new strobilurin fungicide, against powdery mildew on apple, mango and nectarine and rust on plum trees // *Crop Protection*. – 2000. – Vol.56.- P. 246–248.
7. Ton J., Jakab G., Toquin V., Flors V., Iavicoli A., Meder M.N., Métraux J.-P., Mauch-Mani B. Dissecting the  $\beta$ -aminobutyric acid-induced priming phenomenon in *Arabidopsis* // *The Plant Cell*. – 2005. – Vol. 17. – P. 987–999.
8. Sticher L., Mauch-Mani B., Métraux J.-P. Systemic acquired resistance // *Annual Review of Phytopathology*. – 1997. – Vol. 35. – P. 235–270.

#### **TRIFLOXISTRIBIN-INDUCED SYSTEMIC RESISTANCE OF APPLE TO ABIOTIC STRESSES**

Dobrenko I.E., Zueva Y.V.

*Federal State Budgetary Institution All-Russian Scientific Research  
Institute of Phytopathology, Bolshye Vyazemy, Russia*

**Abstract:** Trifloxystrobin is a fungicide of the strobilurin chemical class that has a broad spectrum of action against fungal infections. In this paper, we want to demonstrate that pretreatment of apple seedlings with trifloxystrobin promoted plant growth and increased chlorophyll content in the leaves compared to the control and reference apple rows. When tested under controlled conditions, the relative water content of the leaves and the percentage of survival of the seedlings indicated that the plants acquired systemic drought resistance after treatment with trifloxystrobin. The rehydration recovery rate of drought-exposed apple seedlings was higher in those pretreated with trifloxystrobin compared to control and reference seedlings. Trifloxystrobin-induced drought resistance persisted for 25 days after initial application. Apple seedlings treated with trifloxystrobin also showed systemic resistance to high temperatures, cold snaps and short frosts. These results suggest that the use of the synthetic fungicide trifloxystrobin induces systemic resistance to certain abiotic stresses in apple seedling plants.

**Keywords:** trifloxystrobin, cold, frost, drought, stress, high temperature, induced systemic resistance, stimulation of apple tree seedlings.

# СИБИРСКАЯ КОЛЛЕКЦИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ: НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ

Дорофеев Р.В., Отт Е.Ф.

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий»,  
г. Барнаул, Россия, sibniis.microlab22@mail.ru*

**Аннотация:** Отдел «Сибирский научно-исследовательский институт сыроделия» Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий» имеет «Сибирскую коллекцию микроорганизмов». Основу коллекции составляют штаммы молочнокислых бактерий, которые представляют интерес с точки зрения их практического использования в молочной промышленности, сельском хозяйстве, здравоохранении. Составлен каталог «Сибирской коллекции микроорганизмов», он позволяет объективно оценить качественный и количественный состав коллекции микроорганизмов. Коллекционный фонд «Сибирской коллекции микроорганизмов» позволяет разрабатывать ферментированные молочные продукты (сыры твердые, полутвердые, мягкие, кисломолочные напитки), кормовые добавки и др. Научные исследования в области селекции полезной микрофлоры с технологически ценными свойствами играют важную роль в обеспечении продовольственной безопасности страны.

**Ключевые слова:** молочнокислые, пропионовокислые, бифидобактерии, Сибирская коллекция микроорганизмов, ферментированные молочные продукты.

Полезные микроорганизмы (молочнокислые, пропионовокислые, бифидобактерии) используются во многих областях промышленности, в первую очередь, в молокоперерабатывающей, а также в пищевой, сельском хозяйстве.

Для получения ферментированных молочных продуктов используются бактериальные закваски и концентраты, включающие лактококки (р. *Lactococcus*), термофильный стрептококк (*Streptococcus thermophilus*), молочнокислые палочки (р. *Lactobacillus*), а также пропионовокислые бактерии (*Propionibacterium freudenreichii*) и бифидобактерии (р. *Bifidobacterium*).

Бактериальная закваска является важным звеном в формировании качества вырабатываемой любой ферментированной молочной продукции: сыры мягкие, полутвердые, твердые, масло кисломолочное, творог, кисломолочные напитки. В состав бактериальных препаратов в основном включают: молочнокислые и пропионовокислые бактерии, бифидобактерии (Свириденко Г.М., Шухалова О.М., 2020; Сорокина Н.П., Кураева Е.В. и др., 2023; Степанова А.П., Ловцова Л.Б. и др., 2023).

Отраслевые научно-исследовательские институты, а также биофабрики, которые сотрудничают с предприятиями молочной промышленности Российской

Федерации, должны иметь коллекцию чистых культур промышленно ценных полезных микроорганизмов (Кучеренко И.В., Сорокина Н.П. и др., 2020; Сафроненко, Л.В., Сафроненко Е.В., 2019).

В лаборатории микробиологии молока и молочных продуктов отдела СибНИИС ФГБНУ ФАНЦА имеется «Сибирская коллекция микроорганизмов» (СКМ). Основу коллекции составляют штаммы молочнокислых бактерий, принадлежащие главным образом, к тем видам, которые представляют интерес с точки зрения их практического использования в молочной промышленности, сельском хозяйстве или здравоохранении. Помимо молочнокислых бактерий, в коллекции содержатся бифидобактерии, пропионовокислые бактерии.

**«Сибирская коллекция микроорганизмов»** создавалась несколькими поколениями микробиологов начиная с 1970-х годов. В коллекцию вошли полезные микроорганизмы, которые были выделены из природных источников (сырое молоко, растительные субстраты). Также в состав коллекции были включены коллекционные штаммы из фондов отечественных научных учреждений (Москва, Углич, Иркутск). Небольшая часть штаммов, которая вошла в коллекцию, была выделена из коммерческих молочных продуктов (сыры, кисломолочные продукты) и бактериальных препаратов или получены в ходе экспериментальной селекции и в опытах по генетической рекомбинации микроорганизмов. Начиная с 2016 года коллекция пополняется перспективными технологически ценными штаммами лактококков по тематике НИР.

**На «Сибирскую коллекцию микроорганизмов» (СКМ) был составлен каталог.** При составлении каталога штаммы разделяли на группы в соответствии с их видовой принадлежностью и ввели единую порядковую нумерацию штаммов с индексом СКМ («Сибирская коллекция микроорганизмов»). В каталог поместили следующие сведения, касающиеся коллекционных штаммов: исходный индекс штамма, источник поступления штамма в СКМ (происхождение штамма), способ его хранения (периодические перевивки или лиофилизированное состояние), а также целевое свойство штаммов (например, антагонистическая, протеолитическая или липолитическая активности, осмоотолерантность, амилазная активность и другое) или его статус (например, промышленный, типовой или тест-культура), наличие документов его правовой защиты (авторское свидетельство, патент) или паспорта. Для штаммов, поддерживаемых периодическими перевивками, в каталоге указали частоту перевивок и тип питательной среды, для лиофилизированных штаммов дату сушки. Таким образом, из каталога можно получить основные данные, касающиеся свойств и условий поддержания коллекционных штаммов.

Подготовленный сводный каталог «Сибирской коллекции микроорганизмов» состоит из 12 разделов, куда вошли полезные микроорганизмы 814 штаммов:

- лактококки (400 штаммов), относящихся к подвидам *lactis*, *cremoris*, *diacetylactis*;
- лейконостики (2 штамма);
- термофильные стрептококки (77 штаммов);
- термофильные лактобациллы (107 штаммов), в том числе виды *Lactobacillus (Lb.) acidophilus* – 16 штаммов, *Lb. bulgaricus* – 24 штамма, *Lb. helveticus* – 44 штамма, *Lb. lactis* – 21 штамм;
- лактобациллы подрода *Streptobacterium* (97 штаммов), в том числе *Lb. casei* 48 штаммов, *Lb. plantarum* 49 штаммов;
- лактобациллы подрода *Betabacterium* 9 штаммов, в том числе *Lb. fermentum* 4 штамма;
- неидентифицированные лактобациллы 30 штаммов;
- бифидобактерии 20 штаммов;
- пропионовокислые бактерии 72 штаммами.

Для полного оформления паспортных данных полезных микроорганизмов из «Сибирской коллекции микроорганизмов» проводится исследование по идентификации штамма с помощью анализа генов, кодирующих 16s-РНК в Национальном Биоресурсном Центре Всероссийской коллекции промышленных микроорганизмов (БРЦ ВКПМ) НИЦ Курчатовский институт – ГосНИИГенетика (г. Москва).

В 2021–2022 г. были получены результаты генетической идентификации на шесть штаммов микроорганизмов:

- вновь выделенные штаммы лактококков (*Lactococcus lactis*) – два штамма,
- молочнокислые палочки (*Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus rhamnosus*) – два штамма,
- пропионовокислые бактерии (*Propionibacterium freudenreichii*) – два штамма.

Хотелось бы отметить, что в лаборатории микробиологии создана большая коллекция пропионовокислых бактерий (72 штаммов), которые были выделены на территории Алтайского края. Пропионовокислые бактерии обладают уникальными биохимическими свойствами, они продуцируют пропионовую и уксусную кислоты, каталазу и супероксиддисмутазу (СОД), но самое ценное – они являются продуцентами витамина В<sub>12</sub>.

Из коллекции СКМ шесть штаммов пропионовокислых бактерий были переданы ООО «Барнаульская биофабрика» (Алтайский край, г. Барнаул), эти микроорганизмы входят в состав бактериального концентрата пропионовокислых

бактерий, который используются для получения сыров с высокой температурой второго нагревания.

Три штамма пропионовокислых бактерий были защищены авторскими свидетельствами СССР. За разработку многоштаммовой сухой культуры пропионовокислых бактерий было получено две медали серебряная и бронзовая на выставке ВДНХ СССР (г. Москва) в 1986–87 году.

В «Сибирскую коллекцию микроорганизмов» дополнительно включены тестовые культуры санитарно-показательных микроорганизмов:

– *Escherichia coli* (бактерии группы кишечных палочек, 7 штаммов)

В отдельном разделе коллекции СКМ находятся бактериофаги кокковых (12 штаммов) и палочковидных лактобактерий (43 штамма), необходимые для конструирования фагоустойчивых заквасок. Их можно разделить на две группы, одну из которых представляют фаги, выделенные, главным образом, на сыродельных заводах Алтайского края и специфичные к лактококкам, а вторую – фаги, выделенные из растительных объектов и специфичные к лактобациллам подрода *Streptobacterium* (по Орла Йенсену). Коллекция фагов необходима для селекции фагоустойчивых заквасочных штаммов лактобактерий и разработки методов защиты молочнокислых бактерий от фаговой атаки. Санитарно-показательные микроорганизмы (тестовые штаммы), а также бактериофаги лактококков и молочнокислых палочек, необходимы для проведения научно-исследовательских работ.

**Каталог «Сибирской коллекции микроорганизмов»** позволяет объективно оценить качественный и количественный состав коллекции микроорганизмов лаборатории микробиологии отдела СибНИИС ФГБНУ ФАНЦА. «Сибирская коллекция микроорганизмов» открывает возможность ее более осознанного и интенсивного использования в научных и практических работах.

Следует, однако, иметь в виду, что представленные в каталоге данные в ряде случаев требуют подтверждения и уточнения, а для штаммов, хранящихся в лиофилизированном состоянии – проверку жизнеспособности. Это обстоятельство, как и перспективы пополнения коллекции новыми штаммами, предполагает в дальнейшем внесение в каталог соответствующих изменений и дополнений.

В лаборатории микробиологии с использованием микроорганизмов коллекционного фонда «Сибирской коллекции микроорганизмов» были разработаны ферментированные молочные продукты и кормовые добавки:

– полутвердые сыры: «Валенталь» (СТО СибНИИС 001-2009) и «Пладоленс» (ТУ 10.51.40 – 084 – 00419710 – 2017); биопродукт «Лактопровит» (СТО ФГБНУ ФАНЦА-015-2024);

– кормовые добавки: пробиотические препараты для кормления сельскохозяйственных животных и птиц «Пропионовый» (СТО ФГБНУ ФАНЦА-008-2020)

и «Плантарум» (СТО ФГБНУ ФАНЦА-010-2021), «Специализированная закваска для приготовления сенажа и силоса (СЗПСС)».

В 2023 году проведена государственная регистрация (бессрочно) в Россельхознадзоре (г. Москва) кормовой добавки «Специализированная закваска для приготовления сенажа и силоса (СЗПСС)», регистрационный номер – РФ-КД-00603, дата государственной регистрации 10.10.2023 г.

Научные исследования в области селекции полезной микрофлоры (молочнокислые, пропионовокислые, бифидобактерии) играют важную роль в обеспечении продовольственной безопасности страны и позволяют расширить ассортимент ферментированных молочных продуктов, в том числе функциональных – с пробиотическими микроорганизмами и кормовых добавок для сельского хозяйства.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кучеренко И.В., Сорокина Н.П., Масежная Е.С., Кураева Е.В., Шпак А.В. Источники выделения культур лактококков для бактериальных заквасок. Молочная промышленность. 2020. 10. 36–38.
2. Сафроненко, Л.В., Сафроненко Е.В. Этапы технологии бактериальных заквасок. Агропанорама. 2019. 1. 33–38.
3. Свириденко Г.М., Шухалова О.М. Особенности подбора состава бактериальных заквасок для производства сыров с низкой температурой второго нагревания. Сыроделие и маслоделие. 2020. 4. 22–25.
4. Сорокина Н.П., Кураева Е.В., Кучеренко И.В. Эволюция бактериальных заквасок и способов их применения. Технический оппонент. 2023. 2 (10). 61–66.
5. Степанова А.П., Ловцова Л.Б., Григорьева Ж.А. Бактериальные закваски – важнейший компонент в производстве функциональных ферментируемых продуктов. Вестник Всероссийского научно-исследовательского института жиров. 2023. 1–2. 59–60.

#### **SIBERIAN COLLECTION OF MICROORGANISMS: SCIENTIFIC AND PRACTICAL APPLICATION**

Dorofeev R. V., Ott E.F.

*Federal State Budgetary National Scientific Institution «Federal Altai Scientific Center of Agrobiotechnologies», Barnaul, Russia, sibniis.microlab22@mail.ru*

**Abstract:** The department «Siberian Research Institute of Cheese-Making» of the Federal State Budgetary Scientific Institution «Federal Altai Scientific Center of Agrobiotechnology» has the «Siberian Collection of Microorganisms». The collection is based on strains of lactic acid bacteria that are of interest for their practical use in the dairy industry, agriculture, and healthcare. The catalog of the Siberian Collection of Microorganisms has been compiled, which allows for an objective assessment of the quality and quantity of the microorganisms in the collection. The collection of the Siberian Collection of Microorganisms enables the development of fermented dairy products (hard, semi-hard, and soft cheeses, as well as fermented milk drinks), feed additives, and more. Scientific research on the selection of beneficial microflora with technologically valuable properties plays an important role in ensuring the country's food security.

**Key words:** lactic acid, propionic acid, bifidobacteria, Siberian collection of microorganisms, fermented dairy products.

# ПРИНЦИПЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО ПОСЕВА ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ РФ

Диченский А.В., Гриц Н.В., Артамонов А.П., Куликов М.Е., Панин А.А.

*ФГБНУ Федеральный научный центр лубяных культур, Тверь, Россия,  
a.dichenskiy@fnclck.ru*

**Аннотация:** Изучение эффективности дифференцированного посева зерновых культур является перспективным направлением в сфере точного земледелия. Цель работы – изучить возможные варианты дифференциации норм высева на основе научно-обоснованных принципов. Формирование аппликационной карты предлагается осуществлять на основе комплексной оценки плодородия почв.

**Ключевые слова:** дифференцированный посев, зерновые культуры, точное земледелие, комплексная оценка плодородия почв.

## ВВЕДЕНИЕ

Для одной и той же возделываемой культуры норма высева может отличаться. Вопросы изменения норм высева на одном поле начали рассматриваться еще в 80-е годы 20-го века [2]. Но более осознанно эта задача возродилась уже с развитием точного земледелия.

В Европейских странах перераспределение нормы высева в зависимости от почвенных условий давно стало эффективным инструментом для экономии посевного материала и оптимального баланса урожайности. В России же эта технология делает только первые шаги и пока получила слабый отклик у наших аграриев [4, 9, 10]. В настоящий момент, по наблюдениям участников рынка, технология автоматического дифференцированного посева не сильно распространена на российских полях. В общей сумме таких новаторов не наберётся и 1% (от количества всех хозяйств). В основном это хозяйства, которые занимаются возделыванием кукурузы и свёклы на поливе [3, 7].

Наряду с этим ведется изучение эффективности дифференцированного посева зерновых культур [1].

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Основным фактором, влияющим на дифференциацию посева в той или иной точке, являются почвы, которые могут кардинально различаться своим плодородием, плотностью, кислотностью и влажностью. Одна из ключевых задач на этом этапе – выявить неплодородные зоны и поставить в них минимальные нормы высева [6, 8].

Соответственно, первое, при планировании диффпосева, – составление карты-задания. В настоящий момент критерии составления карт могут быть разные: основанные на статистике урожайности, почвенном анализе, влажностном режиме, радиусе полива и т. д.

При одновременном высеве культуры и внесении удобрений необходимо иметь карту с «двумя слоями», где отображаются задания на дифференцированный посев и дифференцированное внесение припосевного удобрения. Это особенно актуально на полях, где наблюдается высокая пестрота плодородия.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Оценив различные методики комплексной оценки плодородия почв по эмпирическим показателям, их практическую актуальность и достоверность, нами принято решение об использовании в практике дифференцированного посева с одновременным внесением стартовых доз удобрений метода оценки почв по относительному индексу комплекса агрохимических свойств (в практике, по методу Т.Н. Кулаковской) [5]. Таким образом, для характеристики плодородия почвы, мы предлагаем использовать в качестве индекса окультуренности относительный индекс комплекса агрохимических свойств. В качестве основных агрохимических показателей рассматривает значения рН, содержание фосфора, калия и гумуса в пахотном слое почвы.

Алгоритм применения данного метода следующий:

- рассчитываем относительный индекс  $I_{отн}$  по каждому используемому для оценки плодородия показателю;
- рассчитываем индекс окультуренности  $I_{ок}$  почвы, исходя из относительных индексов всех показателей, с точностью до 0,01;
- проводим балльную оценку каждого индивидуального показателя свойств почвы;
- рассчитываем обобщающий показатель (ОП) в баллах;
- определяем коэффициент оптимальности  $K_{опт}$ ;
- комплексный агрохимический показатель (КАП) рассчитываем также в баллах.

Для оценки земель в случае неоднородного почвенного покрова или неоднородности агрохимических показателей отдельно рассчитывают комплексную оценку каждого почвенного или агрохимического контура, а затем обобщенную оценку земли в виде средневзвешенной по площадям контуров. Если оценивают плодородие земли для производственного участка с одинаковой системой агротехники и удобрений, то вводят понижающие коэффициенты, отражающие степень совместимости входящих в участок контуров.

При создании аппликационной карты для дифференцированного высева будет использоваться сопоставление расчетного значения комплексного агрохимического показателя с баллом бонитета почвы конкретной местности.

Определение нормы высева зерновых культур в зависимости от балла КАП конкретного поля предлагаем проводить в следующем порядке.

1. Для перехода к системе определения нормы высева зерновых культур на конкретном поле необходимо сопоставить балл КАП с данными бонитета.

2. Далее выбираем научно рекомендованную норму высева соответствующей культуры на соответствующих почвах в определенной, соответствующей местоположению поля, географической зональности, норма представлена, как правило, в количестве штук всхожих семян на 1 га.

3. Далее, оперируя данными балла КАП с данными бонитета производим корректировку научно рекомендованной нормы высева с учетом фактического плодородия. При минимальном плодородии расчетную норму высева увеличиваем, пропорционально количеству баллов, но не более чем на 20% от рекомендованной. В остальных случаях норма снижается также пропорционально количеству баллов, но не более чем на 20%.

Изначально, механизм определения нормы высева на различных участках поля, в зависимости от КАП, корректируется в числовом формате, далее производится перевод в весовой.

Реализация механизма дифференцированного посева сельскохозяйственных культур может быть реализована только посредством разработки специализированного программного обеспечения. В таком случае, работа программного обеспечения должна выстраиваться в следующем порядке:

1. Первым этапом проводится оцифровка поля. Определяются координаты, границы почвенного участка, агрохимические и агрофизические характеристики почв.

2. Внесение данных оцифровки в цифровую платформу.

3. Автоматизированный расчет КАП.

4. Выбор культуры и сорта.

5. Построение карты поля на основании КАП.

6. Расчет дифференцированной нормы высева и нормы припосевного внесения удобрений.

7. Генерация аппликационной карты на основе КАП для дифференцированного посева и припосевного внесения удобрений, справочных данных глубины посева и ширины междурядий.

8. Трансформация аппликационной карты в программное обеспечение цифровой платформы.

9. Получение фактической обратной информации о процессах исполнения агротехнического приема и качественных показателей его исполнения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бышов Н.В. Применение геоинформационных систем и дифференцированного распределения семян и удобрений при посеве озимой пшеницы / Н.В. Бышов, Д.О. Олейник, И.Ю. Богданчиков, А.Н. Бачурин, Н.В. Липатов // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2020. – № 4 (48). – С. 92–97.

2. Васильев Д.С. Дифференцировано выбирать густоту посева / Д.С. Васильев, А.Б. Дьяков // Научно-технический бюллетень Всесоюзного научно-исследовательского института масличных культур. – 1983. – № 2. – С. 17–20.

3. Воронин Б.А. К вопросу о цифровизации российского сельского хозяйства (обзор информационных материалов) / Б.А. Воронин, О.Г. Лоретц, А.Н. Митин [и др.] // Аграрный вестник Урала. – 2019. – № 2 (181). – С. 46 – 52.

4. Занилов А.Х. К органическому сельскому хозяйству через биологизацию / А.Х. Занилов, Ж.М. Яхтанигова // Инновации в АПК: Проблемы и перспективы. – 2016. – № 1. – С. 47–52.

5. Мазиров М.А. Комплексный мониторинг плодородия почв различных агроландшафтов: учеб. пособие / М.А. Мазиров [и др.]; Владим. гос. ун-т им. А.Г. и Н.Г. Столетовых. – Владимир: Изд-во ВлГУ, 2019. – 120 с.

6. Парфенов О.М. Система для дифференцированного посева зерновых / О.М.Парфенов, С.А. Иванайский // Инновационные достижения науки и техники АПК. Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции. Кинель. – 2017. – С. 693–697.

7. Пукальчик М.А. Глобальные тренды и перспективные направления развития в точном земледелии и сельском хозяйстве / М.А. Пукальчик, Д.Г. Шадрин, М.В. Фёдоров // АПК России. – 2018. – № 3. – С. 448–454.

8. Технологии, машины и оборудование для координатного (точного) земледелия. Учебник / В.И. Балабанов, В.Ф. Федоренко и др. – М.: Издательство ФГБНУ «Росинформагротех», 2016. – 250 с.

9. Труфляк Е.В. Точное сельское хозяйство: вчера, сегодня, завтра / Е.В. Труфляк, А.С. Креймер, Н.Ю. Курченко // British Journal of Innovation in Science and Technology. – 2017. – Т. 2., № 4. – С. 15 – 26.

10. Труфляк Е.В. Цифровые технологии в АПК /Е.В Труфляк, Н.Ю. Курченко, В.А. Дидич // Сельский механизатор. – 2018. – № 7–8. – С.13–14.

# PRINCIPLES AND PROSPECTS OF DIFFERENTIATED SOWING OF GRAIN CROPS IN THE CONDITIONS OF THE NON-CHERNOZEM ZONE OF THE RUSSIAN FEDERATION

Dichensky A.V., Grits N.V., Artamonov A.P., Kulikov M.E., Panin A.A.

*Federal State Budgetary Institution Federal Scientific Center  
of Bast Crops, Tver, Russia, a.dichenskiy@fnclt.ru*

**Abstract:** The study of the effectiveness of differentiated sowing of grain crops is a promising area in the field of precision agriculture. The purpose of the work is to study possible options for differentiating seeding rates based on scientifically sound principles. The formation of the application map is proposed to be carried out on the basis of a comprehensive assessment of soil fertility.

**Keywords:** differentiated sowing, grain crops, precision agriculture, comprehensive assessment of soil fertility.

# УЛЬТРАМАЛООБЪЕМНОЕ ОПРЫСКИВАНИЕ ДЛЯ БОРЬБЫ С СОРНЫМИ РАСТЕНИЯМИ В ПОСЕВАХ

Железова С.В., Абубикеров В.А., Мальгин И.В., Калашников А.Д.

*Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии,  
Большие Вяземы, Россия; soferrum@mail.ru*

**Аннотация:** В полевых экспериментах ФГБНУ ВНИИФ на дерново-подзолистой почве в посевах яровой пшеницы и рапса проведено сравнение биологической и хозяйственной эффективности гербицидов, при применении их традиционным методом со стандартной нормой расхода рабочей жидкости 200 л/га и по методу ультрамалообъемного опрыскивания с нормой расхода 5 л/га (УМО). Была доказана высокая эффективность технологии УМО против многовидового ценоза сорной растительности на сопоставимом со стандартом уровне. При учете биомассы сорных растений на пшенице через 30 суток после применения гербицида биологическая эффективность в варианте стандарт составила 76%, в варианте УМО – 84%, при биомассе сорняков на контроле 883 г/м<sup>2</sup>. При учете биомассы сорных растений на рапсе через 30 суток после применения гербицида биологическая эффективность в варианте стандарт составила 52%, в варианте УМО – 80%, при биомассе сорняков на контроле 322 г/м<sup>2</sup>. Хозяйственную эффективность применения гербицидов оценивали по защищенной урожайности пшеницы и рапса. Метод УМО и традиционный метод позволили защитить 47,3–50,6% урожая яровой пшеницы при урожайности в контроле 1,82 т/га. По рапсу защищенная урожайность составила 39-44%, при урожайности в контроле на уровне 5,5–6,7 ц/га.

**Ключевые слова:** сорные растения, гербициды, ультрамалообъемное опрыскивание.

## ВВЕДЕНИЕ

Ультрамалообъемное опрыскивание (УМО) применяется с 1970-80х гг. [1]. В данной технологии химических средств защиты растений применяются в стандартной норме расхода (кг/га, л/га), но при снижении объема рабочего раствора до уровня 3–5 л/га. Несмотря на то, что в сравнении с традиционной нормой расхода рабочей жидкости в 200 л/га, УМО существенно позволяет экономить воду, при этом как правило имеет высокую эффективность [2–4], данный метод все еще не достиг широкого распространения в сельскохозяйственной практике. Это связано с техническими недостатками оборудования для УМО, т.к. важно соблюдение требований по преодолению сноса, дисперсности капель и равномерности покрытия обрабатываемой поверхности. Несомненными преимуществами применения УМО является существенное снижение негативного воздействия на окружающую среду. Меньший объем распыляемой жидкости означает меньшее количество токсичных веществ, попадающих в воздух, почву и воду. Это делает метод особенно актуальным вблизи населённых пунктов и водоохраных зон.

Также с точки зрения экономической целесообразности, УМО имеет ряд преимуществ: снижение трудозатрат на подготовку и заправку растворов; уменьшение времени на выполнение обработок; сокращение расхода воды и гербицидов.

Целью данного исследования было оценить эффективность применения технологии УМО при химической обработке от сорняков на культурах яровой пшеницы и ярового рапса.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Опыты были проведены на территории ФГБНУ ВНИИФ Одинцовский район Московской области. Опыт по яровой пшенице (сорт Агата) был проведен в 2024 г., по рапсу (сорт Форпост) в 2025 г.

Почва участка дерново-подзолистая, легкосуглинистая с содержанием гумуса 2,7%,  $pH_{\text{вод.}}$  6,45. Пшеница выращивалась по традиционной зональной технологии по предшественнику – чистому пару. Обработка почвы: зяблевая вспашка на глубину 18–20 см отвальным плугом ПН-4-3,5 в сентябре 2023 г., в мае 2024 г. предпосевная культивация культиватором КПП-4 на глубину 5–6 см с одновременным внесением минеральных удобрений (N16P16K16) в физическом весе 90 кг/га. Рапс выращивался по традиционной технологии, по предшественнику пшеница. Опрыскивание пшеницы гербицидами проводили в фазу выхода в трубку. Опрыскивание рапса проводили в фазу 2–4 листьев. При опрыскивании по традиционной технологии использовали норму расхода рабочей жидкости 200 л/га, по технологии УМО – 5 л/га. Норма применения гербицидов при сравнении данных технологий были одинаковыми как для традиционной технологии, так и для УМО. На пшенице использовали гербицид Балерина, СЭ (400 г/л 2,4-Д к-ты (сложный 2-этилгексилэвифир) + 7,4 г/л флорасулама). На пшенице повторность опыта трехкратная, расположение делянок систематическое. На рапсе использовали гербицид Имазабел Супер МЭ (0,75 л/га). На рапсе повторность опыта четырехкратная, расположение делянок систематическое.

Учет засоренности проводили 4 раза за вегетационный сезон: до применения гербицида, через 15, 30 и 45 суток после применения гербицида. Учёт биологической урожайности проводили методом учётных снопов. Для обработки результатов использовали методы вариационной статистики и дисперсионный анализ.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При сравнении биологической и хозяйственной эффективности применения гербицидов методом стандартного расхода рабочей жидкости и методом УМО было показано, что в посевах яровой пшеницы эффективность этих двух методов была практически одинакова. Засоренность посевов на контрольных площадках

оставалась высокая в течение всего сезона, в то время как гербициды статистически значимо подавляли нарастание биомассы сорняков. Так, через 15 суток после применения гербицида зеленая масса сорняков на контроле составила  $670 \text{ г/м}^2$ , по УМО  $247,7 \text{ г/м}^2$ , по стандартной технологии  $217,9 \text{ г/м}^2$  при НСР10 по данному сроку  $28,2 \text{ г/м}^2$ . На 30-е сутки после применения гербицида на контрольных площадках биомасса сорных растений продолжала прирастать и составила  $882,8 \text{ г/м}^2$ , а по вариантам гербицидов  $139,2 \text{ г/м}^2$  по УМО и  $204,5 \text{ г/м}^2$  по стандарту при НСР10 по данному сроку  $20,7 \text{ г/м}^2$ . Перед уборкой урожая, на 41 сутки после применения гербицидов, биомасса сорняков на контроле составила  $897,9 \text{ г/м}^2$ , по технологии УМО –  $278,7 \text{ г/м}^2$ , по стандартной технологии –  $202,4 \text{ г/м}^2$ , при НСР<sub>05</sub> для данного срока  $48,3 \text{ г/м}^2$ . Защищенный урожай пшеницы составил при стандартной норме расхода рабочей жидкости  $9,2 \text{ ц/га}$ , при УМО –  $8,6 \text{ ц/га}$ . Урожайность на контрольных вариантах была на уровне  $1,82 \text{ т/га}$  (рисунок 1.)

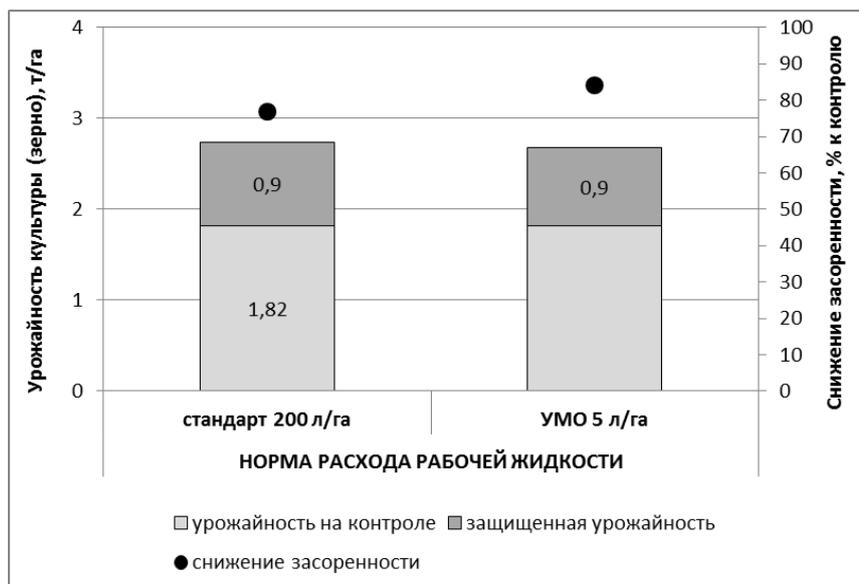


Рис. 1. Сравнительный уровень биологической и хозяйственной эффективности гербицида Балерина, СЭ при двух способах его применении в посевах яровой пшеницы сорта Агата (Московская обл., Одинцовский район, ФГБНУ ВНИИФ, 2024 г.)

В посевах рапса также было показано, что происходит значимое снижение уровня засоренности как при применении гербицидов в стандартной технологии, так и при применении технологии УМО. В данной публикации приведены только результаты, полученные на 30-й день после применения гербицидов. При сравнении технологий стандартного расхода рабочей жидкости и методом УМО было показано, что в посевах рапса эффективность этих двух методов была практически одинакова. Так, через 30 суток после применения гербицида зеленая масса сорняков на контрольном варианте составила  $463 \text{ г/м}^2$ , по УМО  $183 \text{ г/м}^2$ ,

по стандартной технологии 21 г/м<sup>2</sup> при НСР<sub>05</sub> по данному сроку 37 г/м<sup>2</sup>. При технологии УМО была существенно снижена численность сорных растений, однако в меньшей степени снизилась биомасса (рисунок 2). Это связано с тем, что на данных площадках было большое количество бодяка полевого (до 29 шт./кв.м.).

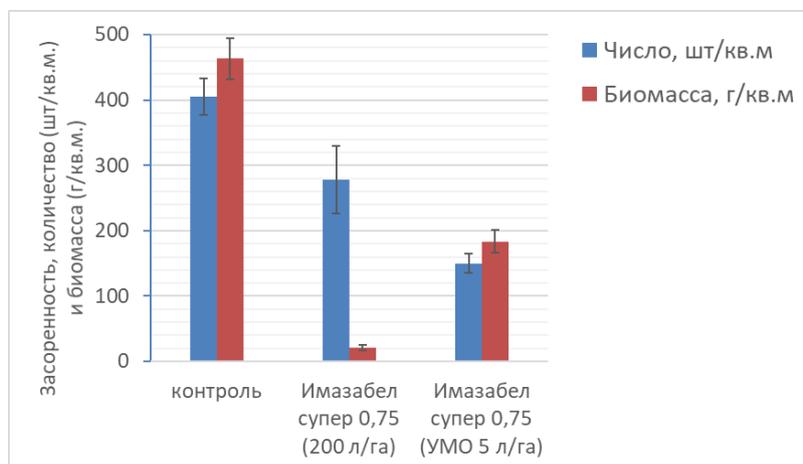


Рис. 2. Снижение засоренности посевов ярового рапса сорта Форпост через 30 суток после применения гербицида Имазабел супер, МЭ в дозе 0,75 л/га при двух способах его внесения: при норме расхода рабочей жидкости 200 и 5 л/га (Московская обл., Одинцовский район, ФГБНУ ВНИИФ, 2024 г.).

Планками погрешностей показаны 95%-ые доверительные интервалы средних значений

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На яровой пшенице в 2024 г. и на яровом рапсе в 2025 г. было отмечено существенное (на 40–60%) снижение численности и (на 60–90%) снижение биомассы сорных растений при стандартном регламентированном применении гербицидов и при применении методом УМО, что в итоге позволяет защитить до 50% урожая.

Таким образом, применение технологии УМО, в целом позволяет снизить гербицидную нагрузку на окружающую среду без снижения эффективности применения гербицидов.

## БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы благодарны студентам-практикантам кафедры защиты растений РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева за помощь в проведении трудоемких полевых исследований.

Работа выполнена в рамках Государственного задания, тема № FGGU- 2025-0005.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сухорученко Г.И. и др. Формирование ассортимента химических средств защиты растений от вредителей в XX веке // Вестник защиты растений, 2020, 103 (1), с. 5–24. <https://doi.org/10.31993/2308-6459-2020-103-1-05-24>.
2. Сорока С.В. и др. Обработка гербицидами зерновых культур методом УМО эффективна и экономична // Защита и карантин растений. 2012. № 12. С. 33–36.
3. Борисова Т.Н. Влияние способов опрыскивания на качество обработки растений и экономию пестицидов / Т.Н. Борисова, С.В. Михайлов // Агрохимия. – 2017. – № 5. – С. 12–19.
4. Железова С.В. и др. Опыт применения ультрамалообъемного опрыскивания для борьбы с сорными растениями // Фитосанитария. Карантин растений. 2024. № S4-3 (20). С. 103.

## ULTRA-LOW VOLUME SPRAYING TO CONTROL WEEDS IN CROPS

Zhelezova S.V., Abubikerov V.A., Malgin I.V., Kalashnikov A.D.

*All-Russian Research Institute of Phytopathology, Bolshie Vyazemy,  
Russia, soferrum@mail.ru*

**Abstract:** In field experiments on sod-podzolic soil in spring wheat and rapeseed crops, the biological and economic effectiveness of herbicides was compared when using them using the traditional method with a standard flow rate of 200 liters/ha and using the ultra-low-volume (ULV) spraying method with a flow rate of 5 liters/ha. The high efficiency of the ULV technology against the multi-species community of weeds has been proven at a level comparable to the standard. When taking into account the biomass of weeds on wheat 30 days after the application of the herbicide, the biological efficiency in the standard variant was 76%, in the ULV variant – 84%, with a weed biomass of 883 g/m<sup>2</sup> under control. When taking into account the biomass of weed plants on rapeseed 30 days after the application of the herbicide, the biological efficiency in the standard variant was 52%, in the ULV variant – 80%, with a weed biomass of 322 g/m<sup>2</sup> under control. The economic effectiveness of herbicides was assessed by the protected yields of wheat and rapeseed. The ULV method and the traditional method made it possible to protect 47.3–50.6% of the spring wheat crop with a controlled yield of 1.82 t/ha. For rapeseed, the protected yield was 39–44%, with a controlled yield of 5.5–6.7 c/ha.

**Key words:** weeds, herbicides, ultra-low volume spraying.

# МЕТОДЫ ДЛИТЕЛЬНОГО ХРАНЕНИЯ ФИТОПАТОГЕННЫХ БАКТЕРИЙ В ГОСУДАРСТВЕННОЙ КОЛЛЕКЦИИ ФИТОПАТОГЕННЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ ФГБНУ ВНИИФ

Жемчужина Н.С., Андреевская В.М.

*Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии,  
Большие Вяземы, Россия, zhetch @ mail.ru*

**Аннотация:** Описано сравнение двух методов длительного хранения фитопатогенных бактерий: на агаризованной среде под слоем вазелинового масла и в воде. В результате определения жизнеспособности изолятов после многолетнего хранения можно заключить, что оба метода являются эффективными и приемлемыми для долгосрочного хранения микроорганизмов. При использовании способа хранения под маслом можно длительное время сохранять бактериальные штаммы (до 15 лет и более), однако метод является очень трудоемким. С помощью метода хранения в воде можно сохранять микроорганизмы в течение меньшего времени (5–7 лет), но этот метод требует намного меньше трудозатрат и навыков.

**Ключевые слова:** коллекции микроорганизмов, методы хранения, фитопатогенные бактерии, жизнеспособность.

## ВВЕДЕНИЕ

Поражение культурных растений фитопатогенными бактериями нередко приводит к значительным потерям урожая. Среди патогенных бактерий на растениях чаще всего встречаются роды: *Clavibacter*, *Erwinia*, *Pseudomonas*, *Xanthomonas* (Игнатов и др., 2015).

*Clavibacter* является возбудителем бактериального рака томата. Болезнь приводит к увяданию листьев и повреждению стебля. Бактерия приводит к существенному снижению урожайности, а иногда и к гибели всего растения. *Erwinia amylovora* вызывает бактериальный ожог плодовых. Патоген поражает около 160 видов различных растений. Воздействие инфекции приводит к быстрой гибели. *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans* является возбудителем угловатой пятнистости листьев огурца. Симптомы болезни проявляются во время всей вегетации на всех органах растения в виде язв с дальнейшим загниванием, следствием чего происходит снижение урожайности. *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* – возбудитель сосудистого бактериоза капусты. Болезнь проявляется в виде некрозов и загнивания, приводя к существенным потерям урожая (Белашапкина и др., 2017).

Повсеместное распространение бактериозов, как в открытом, так и в защищенном грунте с каждым годом увеличивается (Назаров и др., 2020). Изучение биологии и методов хранения фитопатогенных бактерий очень важно, так как на

основе этой базы проводятся исследования для разработки и применения новых средств защиты растений (Лебедева и др., 2024).

Целью исследования является сравнение двух методов длительного хранения фитопатогенных бактерий: на агаризованной питательной среде под вазелиновым маслом и в стерильной водопроводной воде.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В Коллекции ФГБНУ ВНИИФ применяются следующие методы длительного хранения бактериальных фитопатогенов (Коломиец, Жемчужина, 2023).

Хранение на питательной среде под слоем вазелинового масла. Бактериальные штаммы хранят в пробирках на агаризованных средах (дрожжевая среда с глюкозой и картофельно-глюкозный агар) под слоем стерильного вазелинового масла при комнатной температуре. Было отмечено, что при длительном хранении под вазелиновым маслом большинство штаммов снижают скорость роста и биохимическую активность, колонии более мелкие, чем исходные, но через 1–2 пассажа на питательной среде они восстанавливают свои первоначальные физиологические свойства.

Хранение в стерильной водопроводной воде. 1–3 суточная культура бактерий на агаризованной среде на кончике петли переносится и суспендируется в 1 мл стерильной водопроводной воды в 1,5–2,0 мл криопробирке (рис. 1). Пробирки хранятся в темном месте при комнатной температуре. Срок хранения до 15 лет, если культура не заражена фагами, другими бактериями и вода не высыхает. Для оживления бактерий используют богатую питательную среду (универсальная дрожжевая среда, среда Кинга, картофельно-глюкозный агар). Мелкие колонии появляются на 2–3 дня позже, чем после обычного пересева. После пересева скорость роста бактерий восстанавливается.

Периодически проводится проверка жизнеспособности хранящегося материала.



Рис. 1. Хранение бактериальных штаммов в стерильной водопроводной воде

## РЕЗУЛЬТАТЫ

В работе представлены результаты проверки жизнеспособности ряда бактериальных штаммов, хранящихся различными методами в течение определенных сроков.

Результаты проверки жизнеспособности 157 штаммов бактерий, принадлежащих к различным видам, подвидам и патоварам, после хранения в течение 15 лет под вазелиновым маслом показаны в таблице 1.

Таблица 1

### Жизнеспособность изолятов разных видов бактерий после хранения в течение 15 лет под вазелиновым маслом

Вид	Количество сня- тых с хранения изолятов	Количество жизнеспособных изолятов	Процент жизнеспособных штаммов
<i>Agrobacterium tumefaciens</i>	12	12	100
<i>Clavibacter michiganensis</i> subsp. <i>michiganensis</i>	42	28	66
<i>Clavibacter michiganensis</i> subsp. <i>tessellarius</i>	3	1	33
<i>Erwinia amylovora</i>	5	5	100
<i>Erwinia carotovora</i> subsp. <i>atroseptica</i>	21	19	90
<i>Erwinia carotovora</i> subsp. <i>ca- rotovora</i>	8	8	100
<i>Erwinia chrysanthemi</i>	13	13	100
<i>Erwinia rhapontici</i>	4	4	100
<i>Pantoea agglomerans</i>	6	6	100
<i>Pseudomonas corrugata</i>	8	4	50
<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>atrofa- ciens</i>	10	10	100
<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>lach- rymans</i>	5	2	40
<i>Pseudomonas tomato</i>	4	2	50
<i>Xanthomonas arboricola</i>	12	8	66
<i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>cam- pestris</i>	11	6	54

По данным таблицы можно сделать вывод, что под вазелиновым маслом лучше всего сохраняются бактерии, принадлежащие к родам *Agrobacterium*, *Erwinia*, *Pantoea*. Это обстоятельство необходимо учитывать при выборе способа хранения.

В таблице 2 приведены результаты проверки жизнеспособности бактерий при хранении в стерильной водопроводной воде в течение 2–7 лет. Следует отметить, что при сроке хранения до 3-х лет практически все штаммы оставались жизнеспособными. При хранении до 6 лет штаммы, принадлежащие к родам *Agrobacterium*, *Erwinia*, *Pantoea*, также сохраняли жизнеспособность. Что касается более продолжительных сроков хранения, то в этом случае необходимы дальнейшие исследования (нельзя сделать выводы по одному изоляту).

Таблица 2

**Жизнеспособность изолятов разных видов бактерий после хранения в течение различных сроков в стерильной водопроводной воде**

Вид	Срок хранения	Количество снятых с хранения изолятов	Количество жизнеспособных изолятов	Процент жизнеспособных штаммов
<i>Agrobacterium tumefaciens</i>	6 лет	3	3	100
<i>Clavibacter michiganensis</i> subsp. <i>michiganensis</i>	2–4 года	25	23	92
<i>Dickeya solani</i>	2 года	2	2	100
<i>Erwinia amylovora</i>	3 года	5	5	100
<i>Erwinia carotovora</i> ssp. <i>atroseptica</i>	3 года	2	2	100
	7 лет	1	0	0
<i>Erwinia carotovora</i> ssp. <i>carotovora</i>	3–5 лет	7	7	100
<i>Pantoea agglomerans</i>	5 лет	6	6	100
<i>Pseudomonas corrugata</i>	3 года	4	4	100
<i>Pseudomonas syringae</i>	3–5 лет	6	6	100
<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>atofaciens</i>	4 года	11	10	90
<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>helianthi</i>	6 лет	2	2	100
<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>lachrymans</i>	5 лет	3	2	66
<i>Pseudomonas tomato</i>	5–6 лет	4	3	75
<i>Xanthomonas arboricola</i>	6 лет	1	1	100
<i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>campestris</i>	5 лет	3	2	66
<i>Xanthomonas oryzae</i>	6 лет	1	1	100
<i>Xanthomonas translucens</i>	5 лет	3	2	66
<i>Xanthomonas vesicatoria</i>	3 года	2	2	100

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы. Оба способа имеют преимущества и недостатки. Хранение под вазелиновым маслом позволяет сохранить биоматериал в течение более продолжительного времени – до 15 лет и более. При хранении в воде через 5–7 лет необходимо обновление материала. Однако, метод хранения под маслом гораздо более трудоемкий и неудобный, сотрудники должны иметь большой опыт работы. В настоящее время в Коллекции разрабатывается метод криогенного хранения бактерий, который, возможно, окажется оптимальным.

Работа выполнена в рамках Государственного задания (тема № FGGU-2022-2024-0008).

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белошапкина О.О., Гриценко В.В., Митюшев И.М., Чебаненко С.И. Защита растений: фитопатология и энтомология. Ростов-на-Дону: Изд-во «Феникс», 2017. 478 с.
2. Игнатов А.Н., Егорова М.С., Ходыкина М.В. Распространение бактериальных и фитоплазменных болезней растений в России. Защита и карантин растений, 2015, 5, 6–10.
3. Коломиец Т.М., Жемчужина Н.С. Государственная коллекция фитопатогенных микроорганизмов ФГБНУ ВНИИФ. В книге: Фундаментальные и прикладные аспекты продовольственной безопасности. Сборник материалов научных трудов VI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Москва, 2023, 125–129.
4. Лебедева А.Ю., Соломенцева А.Е., Барькова М.Р., Сухаричева Н.А. Генетическая стабильность бактериальных культур в процессе хранения. Бактериология, 2024, Т. 9 (1), 95–104.
5. Назаров П.А., Балеев Д.Н., Иванова М.И., Соколова Л.М., Каракозова М.В. Инфекционные болезни растений: этиология, современное состояние, проблемы и перспективы защиты растений. Acta Naturae (русскаяязычная версия), 2020, 3 (46), 46–59.

### **METHODS FOR LONG-TERM STORAGE OF PHYTOPATHOGENIC BACTERIA IN THE STATE COLLECTION OF PHYTOPATHOGENIC MICROORGANISMS OF ARRIP**

Zhemchuzhina N.S., Andreevskaya V.M.

*All-Russian Research Institute of Phytopathology,  
Bolshie Vyazemy, Russia, zhemch@mail.ru*

**Abstract:** A comparison of two methods of long-term storage of phytopathogenic bacteria is described: on an agarized medium under a layer of mineral oil and in water. As a result of determining the viability of isolates after many years of storage, it can be concluded that both methods are effective and acceptable for the long-term storage of microorganisms. When using the oil storage method, bacterial strains can be preserved for a long time (up to 15 years or more), but the method is very laborious. With the method of storage in water, microorganisms can be stored for less time (5–7 years), but this method requires much less labor and skill.

**Key words:** microorganism collections, storage methods, phytopathogenic bacteria, viability.

# ВЛИЯНИЕ НА ЖИЗНЕСПОСОБНОСТЬ ГРИБОВ РОДА *FUSARIUM* УСЛОВИЙ ХРАНЕНИЯ БИОМАТЕРИАЛА В ЛИОФИЛЬНО ВЫСУШЕННОМ СОСТОЯНИИ

Жемчужина Н.С., Киселева М.И.

*Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии,  
Большие Вяземы, Россия, zhetch @ mail.ru*

**Аннотация:** Материалом исследований служили 30 патогенных штаммов 6 видов рода *Fusarium*: *F.avenaceum*, *F.culmorum*, *F.oxysporum*, *F.sambucinum*, *F.solani*, *F.sporotrichioides*, выделенные из пораженных тканей ячменя, пшеницы и картофеля из пяти экономических районов России: Центрального, Волго-Вятского, Северо-Кавказского, Нижневолжского, Восточно-Сибирского. Целью исследований являлось определение жизнеспособности этих штаммов после длительного хранения в лиофильно высушенном состоянии. О жизнеспособности грибов после хранения в холодильнике с низкими положительными температурами и морозильной камере с ультранизкими температурами судили по их способности к развитию и размножению на КГА в чашках Петри. Результаты опыта свидетельствуют о том, что при хранении при низких положительных температурах не все штаммы сохраняют жизнеспособность, в то время как при хранении при ультранизких температурах все образцы остались жизнеспособными. Посев культур после выведения из анабиоза показал, что на 14 сутки культивирования на питательной среде штаммы грибов формировали спорулирующие колонии, сравнимые с контрольными вариантами.

**Ключевые слова:** коллекции микроорганизмов, *Fusarium*, методы хранения, жизнеспособность.

## ВВЕДЕНИЕ

Грибы из рода *Fusarium* поражают более 200 видов культурных растений, причиняя практически повсеместно огромный вред сельскому хозяйству (Leslie, Summerell, 2006). Значительный экономический ущерб обуславливается, прежде всего, высокой заражённостью посевного материала, а также загрязненностью опасными токсинами зернофуражной продукции (Гагкаева, Гаврилова, 2017). Факультативные паразиты хорошо приспособлены к перенесению неблагоприятных условий, сохраняясь в почве и на растительных остатках в виде хламидоспор, мицелия, а в случае наличия сумчатой стадии – в виде перитециев. В отдельные годы в условиях повышенной влажности и температуры, заболевание способно приобретать характер эпифитотий (Алехин и др., 2016).

Грибы из рода *Fusarium* широко распространены в природе и являются возбудителями многих заболеваний, среди которых самыми известными являются увядание и корневые гнили многих культурных растений; на клубнях картофеля

эти грибы формируют признаки сухой гнили, а на зерновых – фузариоза колоса (Афонин и др., 2008; Гагкаева и др., 2018).

Для разработки методов биологической и химической защиты культурных растений во многих научных учреждениях созданы коллекции, где исследуются возможности хранения патогенных штаммов микромицетов в жизнеспособном состоянии. Цель этих работ – сохранение коллекционного материала с неизменными патогенными свойствами для проведения исследований, включающих не только разработку методов экологической защиты, но и мониторинг динамики развития патогенов, оценку их вирулентности и агрессивности, а также для оценки и отбора устойчивого селекционного материала.

Современные научные разработки и практический опыт показывают, что применение различных методов хранения штаммов фитопатогенных грибов в коллекциях требуют особого внимания, поскольку в условиях длительного хранения грибов на агаровой питательной среде происходит постепенная утрата их патогенных свойств (Похиленко и др., 2009).

Цель наших исследований – определение жизнеспособности 30 штаммов возбудителей фузариозов различного происхождения после длительного хранения в лиофильно высушенном состоянии.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом исследований служили штаммы *F.avenaceum*, *F.culmorum*, *F.oxysporum*, *F.sambucinum*, *F.solani*, *F.sporotrichioides*, выделенные из пораженных тканей ячменя, пшеницы и картофеля из пяти экономических районов России: Центрального, Волго-Вятского, Северо-Кавказского, Нижневолжского, Восточно-Сибирского.

В Государственной коллекции фитопатогенных микроорганизмов ФГБНУ ВНИИФ применяются методы длительного хранения микроорганизмов. Штаммы грибов закладывают на хранение двумя способами: в 50% глицерине и на полосках фильтровальной бумаги.

Первый способ заключается в следующем. Мицелиально-споровый материал штамма, выращенного на КГА, помещают в 50%-глицерин в стерильных пробирках Эппендорф (1,5 мл). Пробирки партиями упаковывают в полиэтиленовые пакеты, а затем помещают на хранение в низкотемпературный морозильник (–80 °С).

При втором способе стерильные полоски фильтровальной бумаги раскладывают пинцетом на поверхность КГА в чашках Петри и засевают спорами штамма гриба. При зарастании полосок мицелием их в асептических условиях снимают с поверхности агара, лиофильно высушивают и помещают в стерильные пласти-

ковые криопробирки (2,5 мл), которые затем закладывают в морозильные камеры. При этом способе хранения контролем служит лиофильно-высушенный мицелий штаммов грибов на полосках бумаги, помещенный в бытовой холодильник с низкой положительной температурой.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В данной статье представлены результаты снятия с хранения на фильтровальной бумаге 30 штаммов грибов рода *Fusarium* для оценки сохранения жизнеспособности (табл. 1). Оценку жизнеспособности штаммов грибов проводили после извлечения из бытового холодильника или морозильной камеры. О жизнеспособности грибов после хранения в указанных условиях судили по их способности к развитию и размножению на КГА в чашках Петри. Результаты опыта свидетельствуют о том, что при хранении при низких положительных температурах не все штаммы сохраняют жизнеспособность, в то время как хранение при ультранизких температурах все образцы остались живы. Посев культур после выведения спор из анабиоза показал, что на 14 сутки культивирования на питательной среде штаммы грибов формировали спорующие колонии, сравнимые с контрольными вариантами.

Что касается спорообразующей способности штаммов, то в процессе хранения она практически не снизилась, а в некоторых вариантах незначительно увеличилась (табл. 2).

Таким образом, результаты исследования показали, что метод лиофилизации биоматериала несовершенных видов грибов, для длительного хранения при ультранизких температурах является оптимальным.

Таблица 1

**Жизнеспособность штаммов *Fusarium avenaceum*, *Fusarium culmorum*, *Fusarium oxysporum*, *Fusarium sambucinum*, *Fusarium solani*, *Fusarium sporotrichioides* после хранения в лиофилизированном состоянии на полосках фильтровальной бумаги при +4 °С и –80 °С**

Штамм	Происхождение штамма	Срок хранения (мес.)	+4 °С	–80 °С
<i>Fusarium avenaceum</i> (Fr.) Sacc. ( <i>Gibberella avenacea</i> )				
110501	ячмень, Московская обл.	23,5	+	+
<i>Fusarium culmorum</i> (W. G. Sm.) Sacc.				
КМ-11-5ст.	ячмень, Красноярский кр.	68,5	–	+
КК-11с/у	ячмень, Кировская обл.	25,5	–	+
КК-125	ячмень, Кировская обл.	13	–	+
КК-22уз.	ячмень, Кировская обл.	13	+	+
МР-10	ячмень, Московская обл.	13	+	+

Штамм	Происхождение штамма	Срок хранения (мес.)	+4 °С	-80 °С
МС-20	ячмень, Московская обл.	13	–	+
РГ-14-06	ячмень, Рязанская обл.	12,5	+	+
СЭ-36	ячмень, Саратовская обл.	12,5	+	+
КЗ-11-9	ячмень, Кировская обл.	12,5	+	+
МЗ-23-5	ячмень, Московская обл.	10	–	+
КФ-12-1	ячмень, Кировская обл.	10	+	+
ММ-5-05	ячмень, Московская обл.	10	+	+
МБВ-1-07	ячмень, Московская обл.	21,5	–	+
<i>Fusarium oxysporum</i> (Schlecht.) Snyder. et Hans.				
ФО-1	картофель, Московская обл.	64,5	–	+
КЗ-1701-12	пшеница, Кировская обл.	11	+	+
МО-3-06	ячмень, Московская обл.	13	+	+
КФ-14-1	ячмень, Кировская обл.	13	+	+
МЗ-2-06	ячмень, Московская обл.	13	+	+
КК-25	ячмень, Кировская обл.	12,5	+	+
МС-6-05	ячмень, Московская обл.	12,5	+	+
МЗ-24-3	ячмень, Московская обл.	12,5	+	+
<i>Fusarium sambucinum</i> Fuck.				
Р-2-02	ячмень, Рязанская обл.	58	+	+
КРТ-11-1кч	пшеница, Краснодарский кр.	17	–	+
<i>Fusarium solani</i> (Mart.) App. et Wr.				
FSL-9	ячмень, Рязанская обл.	55,5	+	+
10021	пшеница, Краснодарский кр.	55,5	–	+
<i>Fusarium sporotrichioides</i> Sherd.				
КРТ-12-1кч	пшеница, Краснодарский кр.	17	+	+
КГ-97-44	ячмень, Кировская обл.	28,5	+	+
КЧ-95	ячмень, Кировская обл.	28,5	+	+
СЭ-41	ячмень, Саратовская обл.	28	+	+
Количество жизнеспособных штаммов			21	30

Таблица 2

**Споруляция штаммов фузариумов после хранения в лиофилизированном состоянии на полосках фильтровальной бумаги при +4 °С и –80 °С**

Штамм	Споруляция (млн/чашка Петри)		
	До хранения	+4 °С	–80 °С
<i>Fusarium avenaceum</i> (Fr.) Sacc. ( <i>Gibberella avenacea</i> )			
110501	260,0	198,7	234,0
<i>Fusarium culmorum</i> W. G. Sm.) Sacc.			
КЗ-11-9	25,7	31,4	32,5
КК-11с/у	15,6	–	19,5
КК-125	5,9	–	5,9
КК-22уз.	5,5	6,0	6,2

Штамм	Споруляция (млн/чашка Петри)		
	До хранения	+4 °С	-80 °С
КМ-11-5ст.	75,4	–	81,6
КФ-12-1	5,6	7,6	7,5
МБВ-1-07	25,1	–	23,4
МЗ-23-5	20,8	–	25,3
ММ-5-05	180,9	152,5	149,8
МР-10	17,5	22,6	23,1
МС-20	140,6	–	132,6
РГ-14-06	130,7	98,7	102,9
СЭ-36	70,5	71,6	70,5
<i>Fusarium oxysporum</i> (Schlecht.) Snyder et Hans.			
FO-1	32,5	–	41,6
КЗ-1701-12	4,7	3,0	5,4
КК-25	19,5	23,7	21,8
КФ-14-1	41,0	35,7	38,4
МЗ-2-06	2,5	0,9	1,4
МЗ-24-3	22,5	23,6	30,3
МО-3-06	5,0	5,8	6,0
МС-6-05	18,7	17,8	19,5
<i>Fusarium sambucinum</i> Fuck.			
КРТ-11-1кч	215,0	–	221,3
Р-2-02	4,4	4,9	2,8
<i>Fusarium solani</i> (Mart.) App. et Wr.			
FSL-9	330,7	321,5	340,0
10021	989,6	–	880,5
<i>Fusarium sporotrichioides</i> Sherd.			
КГ-97-44	7,5	7,0	6,8
КРТ-12-1кч	200,0	198,8	201,9
КЧ-95	14,6	14,0	15,6
СЭ-41	32,9	28,5	33,3

Работа выполнена в рамках Государственного задания (тема № FGGU-2022-2024-0008).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алехин В.Т., Михайликова В.В., Михина Н.Г. Экономические пороги вредоносности вредителей, болезней и сорных растений в посевах сельскохозяйственных культур: справочник. М.: Росинформагротех, 2016. 76 с.

2. Афонин А.Н., Грин С.Л., Дзюбенко Н.И., Фролов А.Н. (ред.). Интерактивный сельскохозяйственный экологический атлас России и соседних стран. С.-х. растения и их болезни, вредители и сорняки. 2008. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://agroatlas.ru>.

3. Гагкаева Т.Ю., Гаврилова О.П. Фузариозная инфекция и контаминация микотоксинами зерна сортов ярового ячменя. Вестник защиты растений, 2017, 3 (93), 39–43.

4. Гагкаева Т.Ю., Орина А.С., Гаврилова О.П., Аблова И.Б., Беспалова Л.А. Характеристика сортов озимой пшеницы по устойчивости к фузариозу зерна. Вавиловский журнал генетики и селекции, 2018, 22 (6), 685–692.

5. Похиленко В.Д., Баранов А.М., Детушев К.В. Методы длительного хранения коллекционных культур микроорганизмов и тенденции развития. Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки. 2009, № 4 (12), 99–121.

6. Leslie J.F., Summerell B.A. The Fusarium Laboratory Manual. Blackwell Publishing Ltd, 2006.

## INFLUENCE OF STORAGE OF BIOMATERIAL IN A LYOPHILICALLY DRIED STATE ON THE VIABILITY OF FUSARIUM FUNGI

Zhemchuzhina N.S., Kiseleva M.I.

*All-Russian Research Institute of Phytopathology,  
Bolshie Vyazemy, Russia, zhemch@mail.ru*

**Abstract:** The material of the research was 30 pathogenic strains of 6 *Fusarium spp.*: *F.avenaceum*, *F.culmorum*, *F.oxysporum*, *F.sambucinum*, *F.solani*, *F.sporotrichioides* isolated from the affected tissues of barley, wheat and potatoes from five economic regions of Russia: Central, Volga-Vyatka, North Caucasus, Lower Volga, East Siberian. The aim of the research was to determine the viability of these strains after long-term storage in a lyophilized state. The viability of the fungi after storage in a refrigerator with low positive temperatures and a freezer with ultra-low temperatures was judged by their ability to develop and reproduce on PDA in Petri dishes. The results of the experiment indicate that when stored at low positive temperatures, not all strains retain viability, while when stored at ultra-low temperatures all samples remained viable. Sowing of cultures after removing from anabiosis showed that on the 14th day of cultivation on the nutrient medium the fungal strains formed sporulating colonies comparable to the control variants.

**Key words:** microorganism collections, Fusarium, storage methods, viability.

# ИЗУЧЕНИЕ ВИДОВОГО РАЗНООБРАЗИЯ ЭНТОМОФАУНЫ НА КАРТОФЕЛЕ В УСЛОВИЯХ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Измайлова Е.С.<sup>1</sup>, Андреевская В.М.<sup>1</sup>, Севостьянова Е.П.<sup>1</sup>,  
Васильев Е.С.<sup>1,2</sup>, Гришина Е.В.<sup>1</sup>, Севостьянов М.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии,  
Большие Вязёмы, Россия, nikaandreevskai@yandex.ru*

<sup>2</sup> *РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, Москва, Россия tqegor@gmail.com*

**Аннотация:** Описано видовое разнообразие энтомофауны на картофеле в условиях Московской области Одинцовского округа. Идентифицированы отряды и 12 видов насекомых. Большее количество видов было из отряда Жесткокрылые (*Coleoptera*). Преобладающими особями были фитофаги, но встречались ещё паразиты и хищники.

**Ключевые слова:** картофель, насекомые, энтомофауна, фитофаги, хищники, паразиты.

## ВВЕДЕНИЕ

Картофель играет важную роль в обеспечении продовольственной безопасности Российской Федерации (Угрюмов, 2010). Энтомофауна является одной из важных частей агробиоценоза (Каниязов, 2018). Не смотря на искусственно созданные человеком условия, насекомые взаимодействуют между собой. Одним из ярких примеров являются симбиотические взаимодействия между муравьями и тлей. При выращивании определенной культуры, встречаются насекомые характерные для данного региона и культуры, но состав может меняться не только в зависимости от региона, но и от культуры.

Целью исследования является выявление видового состава энтомофауны на картофеле.

На данной культуре ежегодно наблюдается большое количество насекомых, в том числе и фитофагов (Агасьева, 2016).

Тли (*Aphidoidea*) – надсемейство насекомых из отряда полужесткокрылых (*Hemiptera*). Это маленькие насекомые, величина составляет от 5 до 7 мм. Являются фитофагами, питаются соком растений, прокалывая поверхность побегов или листьев. Бескрылые и крылатые особи присутствуют во всех видах. У некоторых видов тлей, имеются зимующие личинки. Для тлей характерен симбиоз с муравьями.

Четырнадцатипятнистая коровка (*Calvia quatuordecimguttata*) – вид божьих коровок из рода *Coccinula* подсемейства *Coccinellinae*. Длина взрослой особи от трех до четырех миллиметров. У них чёрные надкрылья с желтыми пятнами. Пятно на задней части надкрылий имеет почковидную форму. Вид распространён по всей Европе. Встречается в основном в Восточной Европе и Малой Азии.

Питаются тлём, белокрылкой, кокцидовыми, а также личинками и яйцами некоторых жуков и бабочек.

Листовёртки (*Tortricidae*) – семейство мотыльков, широко известных как мотыльки-черепашки или листоеды, отряда чешуекрылых. Мотыльки, как правило, небольшого размера, с размахом крыльев 3 см или меньше. Многие виды имеют тусклую и мраморно-коричневую окраску. Листовёртки питаются почти на всех частях растения. Гусеница питается почками, цветами и молодыми ягодами, оплетая и стягивая их в пучки паутиной, чем очень сильно вредят растениям. Гусеницы стягивают паутиною объедаемые листья в трубки или пучки, внутри которых и скрываются.

Колорадский жук (*Leptinotarsa decemlineata*) – вид насекомых из семейства жуков-листоедов (*Chrysomelidae*). Это обычно маленькие или средние (от 3 до 15 мм) ярко окрашенные жуки. Имаго и личинки этого вида питаются листьями растений семейства паслёновых: картофеля, сладкого перца, томата, физалиса, баклажана, белены, что делает их опасными вредителями сельского хозяйства.

Плодовая муха (*Drosophila melanogaster*) – вид плодовой мухи из рода дрозофил, часто называется плодовой мушкой или малой плодовой мухой. Плодовая муха имеет желтовато-коричневое тело, размером около 2–4 мм. В основном вредят личинки, повреждая плоды.

Капустница (*Pieris brassicae*) – дневная бабочка из семейства белянок. Это бабочка с белыми крыльями с черными пятнами на передних крыльях. Размахом крыльев составляет около 6 см. Один из распространенных видов бабочек. Является вредителем крестоцветных культур. Самки капустницы откладывают яйца на обратную сторону листа, где через 8–12 дней из них отраждаются гусеницы. Они повреждают белокочанную и цветную капусту, а также брюкву, репу, редис, редьку, турнепс, хрен, рапс и горчицу.

Черный садовый муравей (*Lasius niger*), вид муравьёв из рода *Lasius* (подсемейство *Formicinae*). Один из самых распространенных видов муравьёв, встречаемый повсеместно. Наносит косвенный вред, культурам распространяя тлю (Белошапкина, 2017).

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проводилось в ФГБНУ ВНИИФ в 2025 году на территории Летнего отдыха и в отделе безопасности и продуктивности агроэкосистем. На протяжении вегетации были проведены учеты по определению фитофагов на картофеле сорта Колумба и Гала, возделываемых в открытом грунте. Анализировались листья для идентификации не летающих особей, а с помощью сачка были собраны летающие особи. Определение видового разнообразия проходило с помощью бинакуляра и определителя (Карцев, 2013).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

За период исследования было выделено 4 отряда (*Hymenoptera*, *Lepidoptera*, *Hemiptera*, *Coleoptera*) и 12 видов насекомых (таблица 1).

Таблица 1

### Видовой состав энтомофауны на картофеле в условиях Московской области (Одинцовский округ)

Название	Пищевая специализация	Встречаемость
Отряд Перепончатокрылые ( <i>Hymenoptera</i> )		
Оса обыкновенная ( <i>Vespula vulgaris</i> )	П	+++
Черный садовый муравей ( <i>Lasius niger</i> )	Х	+++
Отряд Чешуекрылые ( <i>Lepidoptera</i> )		
Капустница ( <i>Pieris brassicae</i> )	Ф	+
Картофельная моль ( <i>Phthorimaea operculella</i> )	Ф	+
Листовертка золотистая ( <i>Archips rosana</i> )	Ф	+
Отряд Полужесткокрылые ( <i>Hemiptera</i> )		
Бахчевая тля ( <i>Aphis gossypii</i> )	Ф	+++
Щитник зелёный древесный ( <i>Palomena prasina</i> )	ФХ	+
Двухиглый травяной клоп ( <i>Stenodema calcarata</i> )	Ф	+
Отряд Жесткокрылые ( <i>Coleoptera</i> )		
Семиточечная коровка ( <i>Coccinella septempunctata</i> )	Х	+
Четырнадцатипятнистая коровка ( <i>Calvia quatuordecimguttata</i> )	Х	+
Мягкотелка красноногая ( <i>Cantharis rustica</i> )	Х	++
Колорадский жук ( <i>Leptinotarsa decemlineata</i> )	Ф	+

*Примечание:* П – паразит; Х – хищник; Ф – фитофаг; «+» – редко; «++» – часто; «+++» – очень часто.

Наибольшее число насекомых было представлено бахчевой тлей (*Aphis gossypii*), черным садовым муравьем (*Lasius niger*) и осой обыкновенной (*Vespula vulgaris*). Наличие в агроценозе капустницы (*Pieris brassicae*) связано с наличием в севообороте на данном поле капусты. Наблюдались специализированные фитофаги картофеля, такие как колорадский жук (*Leptinotarsa decemlineata*) и картофельная моль (*Phthorimaea operculella*). Наличие листовертки золотистой (*Archips rosana*), щитника зелёного древесного (*Palomena prasina*), мягкотелки красноногой (*Cantharis rustica*) связано с наличием яблонь в лесозащитных полосах. Двухиглый травяной клоп (*Stenodema calcarata*) преимущественно обитает на злаках, в том числе сорняках, а предшественником на данном поле были злаковые культуры. Помимо фитофагов были идентифицированы и энтомофаги: семиточечная коровка (*Coccinella septempunctata*) и четырнадцатипятнистая коровка (*Calvia quatuordecimguttata*).

В результате исследования можно заключить, что энтомофауна картофеля была представлена фитофагами, хищниками и паразитами. Наибольшее количество видов было представлено в виде фитофагов.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ (тема № FGGU-2025-0006 1022041200059-8-4.1.1).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агасьева И.С., Исмаилов В.Я., Нефедова М.В., Федоренко Е.В. Видовой состав и биорегуляторная активность энтомофагов в системе управления численностью вредителей картофеля (*Solanum tuberosum* L.) // С.-х. биол., Сельхозбиология, S-h biol, Sel-hoz biol, Sel'skokhozyaistvennaya biologiya, Agricultural Biology. 2016. № 3.
2. Белошапкина О.О. Защита растений: фитопатология и энтомология / О.О. Белошапкина, В.В. Гриценко, И.М. Митюшев, С.И. Чебаненко. – Ростов-на-Дону: Изд-во «Феникс», 2017. – 478 с.
3. Каниязов С.Ж. К вопросу о роли энтомофауны в экосистемах // Экономика и социум. 2018. № 6 (49).
4. Карцев В.М. Насекомые европейской части России. Атлас с обзором биологии / В.М. Карцев, А.К. Ахатов. – М.: Фитон XXI, 2013. – 569 с
5. Угрюмов А.В., Глебочев А.Н. Эффективное картофелеводство как весомый фактор продовольственной безопасности Российской Федерации // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2010. № 9. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/effektivnoe-kartofelevodstvo-kak-vesomyy-faktor-prodovolstvennoy-bezopasnosti-rossiyskoy-federatsii> (дата обращения: 05.08.2025).

#### STUDY OF SPECIES DIVERSITY OF ENTOMOFAUNA ON POTATOES IN THE CONDITIONS OF THE MOSCOW REGION.

Izmailova E.S.<sup>1</sup>, Andreevskaya V.M.<sup>1</sup>, Sevostyanova E.P.<sup>1</sup>,  
Vasiliev E.S.<sup>1,2</sup>, Grishina E.V.<sup>1</sup>, Sevostyanov M.A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *All-Russian Research Institute of Phytopathology, Bol'shiye Vyazyomy,  
Russia, nikaandreevskai@yandex.ru*

<sup>2</sup> *Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy  
named after K.A. Timiryazev, Moscow, Russia mqegor@gmail.com*

**Abstract:** The species diversity of the entomofauna on potatoes in the layers of the Moscow region Odintsovo district is described. The order and 12 species of insects were identified. The largest number of species were from the order Coleoptera. The predominant individuals were phytophages, but parasites and predators were also encountered.

**Keywords:** potato, insects, entomofauna, phytophages, predators, parasites.

# ВЛИЯНИЕ ДЛИНЫ СВЕТОВОГО СПЕКТРА НА СОСТОЯНИЕ ПАУТИННОГО КЛЕЩА (*TETRANYCHUS URTICAE*)

Измайлова Е.С.

*Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии,  
Москва, Россия, E-mail: helena-chan@mail.ru*

**Аннотация:** На развитие колонии паутинного клеща (*Tetranychus urticae*) влияют такие факторы среды как температура, влажность воздуха, длина светового дня. Однако на состояние клещей влияет и световой спектр. Проведенные в лаборатории ВНИИ фитопатологии Московской области эксперименты показали, что при дальнем красном спектре состояние имаго ухудшилось, в то время как при использовании совместно синего и красного спектров, наблюдалось увеличение количества яиц в сравнении с другими вариантами. Данный эксперимент является частью исследования по созданию устойчивой колонии для борьбы с паутинным клещом. Кроме того, световые спектры стоит учитывать при возделывании культуры в закрытом грунте. А также можно использовать в дальнейшем, как компонент системы интегрированной защиты растений.

**Ключевые слова:** паутинный клещ, защита растений, световой спектр, фасоль, биологический контроль.

## ВВЕДЕНИЕ

Паутинные клещи (*Tetranychus urticae*) – являются распространенными вредителями многих сельскохозяйственных и декоративных культур (Васильев В.П. 1984 г.). Они повреждают такие культуры как: перец, огурцы, томаты, земляника садовая и фасоль. Клещи серо-зеленого цвета, с черными пятнами по бокам, овальной формы, размером около 0,25 мм у самцов и 0,43 мм у самок (Васильев В.П. 1984 г., Васильев В.П. 1987 г., Попов С.Я. 1988 г.).

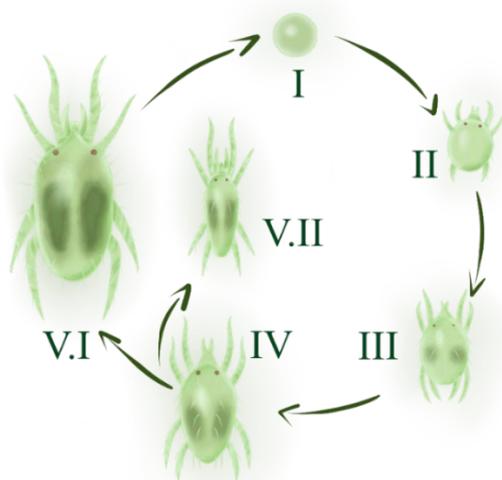


Рис. 1. Схема развития клеща: I – яйцо; II – личинка; III – нимфа 1 возраста; IV – нимфа 2 возраста; V.I – самка; V.II – самец

Самки откладывают сферические зеленоватые яйца на обратной стороне листа. Из яиц выходит белая личинка. Внешне личинка похожа на взрослую особь, за исключением трех пар ног. После линьки, личинка переходит в фазу нимфы, где форма тела приближена к имаго. Количество пар ног увеличивается до четырех. Цвет зеленовато-желтый, так же появляются темные пятна по бокам. Стадия нимфы разделяется на протонимфу и дейтеронимфу. Нимфы первого и второго возраста соответственно. Зимует в фазе диапаузирующей самки Васильев В.П. (1987 г., Попов С.Я. 1988 г).

Как было ранее сказано, на состояние и развитие колонии паутиного клеща влияет влажность воздуха, температура и длина светового дня. Однако на развитие колонии влияет световой спектр. На эту тему, к сожалению мало исследований, но в них говорится о косвенном влиянии на клеща. Так добавление дальнего красного света влияет на иммунитет растений, тем самым повышая их восприимчивость к биологическому стрессу (Мейер Д., 2023 г., Maeda, T., 2000 г.). Но световой спектр может прямо воздействовать на вредителя. К примеру, синий свет может провоцировать уход в диапаузу, в то время как ультрафиолет уменьшает активность клеща и нарушает его ориентацию, затрудняя передвижение. Не редко ультрафиолет используется в борьбе против паутиного клеща (Maeda, T., 2000 г.).

Данное исследование проводилось с целью выявить прямое влияние разных световых спектров на репродуктивную способность и общее состояние паутиного клеща состояние *T. urticae* на фасоли в лабораторных условиях.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Опыт проводился в лаборатории акарологии на территории Всероссийского научно-исследовательского института фитопатологии (ВНИИФ), с помощью прибора «Фотон», где производились настройки вида светового спектра, времени и интенсивность воздействия. Эксперимент проводился в два этапа. Первый этап проводился с 14.05.25 по 11.06.25, проверяли воздействие света белого (W) красного (R) и синего (B) спектров на выращиваемую фасоль и подсаженного паутиного клеща. Второй этап проводился с 01.07.25 по 18.06.25, со светом дальнего красного (IR), периодического красного и синего (R|B) и совмещенным красным и синем спектрами (RB).

В «Фотон», помещали горшки с посаженной фасолью, где настроенный на определенный спектр и интенсивность свет, воздействовал на фасоль в течение 12 часов. При периодическом воздействии, используемый свет, сменялся каждые 4 часа. Проращивали фасоль до фазы первых двух листьев. Затем из получившихся листьев делали диски-высечки, которые размещали в чашках Петри на

увлажненные ватные диски, нижней стороной вверх. На диски-высечки размещались по 5 самок и 1 самцу на каждый вариант в 3-кратной повторности. По истечению 1–2 суток самок и самцов снимали с высечек, далее наблюдали за развитием *T.urticae* от выхода личинок до откладки самками первых яиц. Регистрировалось количество живых самок, количество отложенных ими яиц и состояние самок.

На основе собранных данных были составлены графики количества яиц и самок, а также были построены графики температур.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По полученным данным можно сказать, что световой спектр может влиять на состояние колонии. Так на рисунке 2 мы видим, что при постоянном воздействии совместных красного и синего спектров (RB), при малом количестве самок, репродуктивность была выше, чем при периодическом воздействии красного и синего спектров (R|B). Однако при раздельном воздействии этих спектров, мы наблюдаем, в варианте с синим спектром (B) яиц меньше чем в варианте с красным спектром (R), при равных количествах самок. При воздействии белого спектра (W) и синего сильных колебаний в увеличении или уменьшении количества яиц не наблюдалось. А при воздействии дальнего красного спектра (IR), яйца отсутствовали, при равном, с вариантом совместных спектров, количестве самок. Состояние самок и самцов при воздействии дальнего красного было хуже, чем в других вариантах.

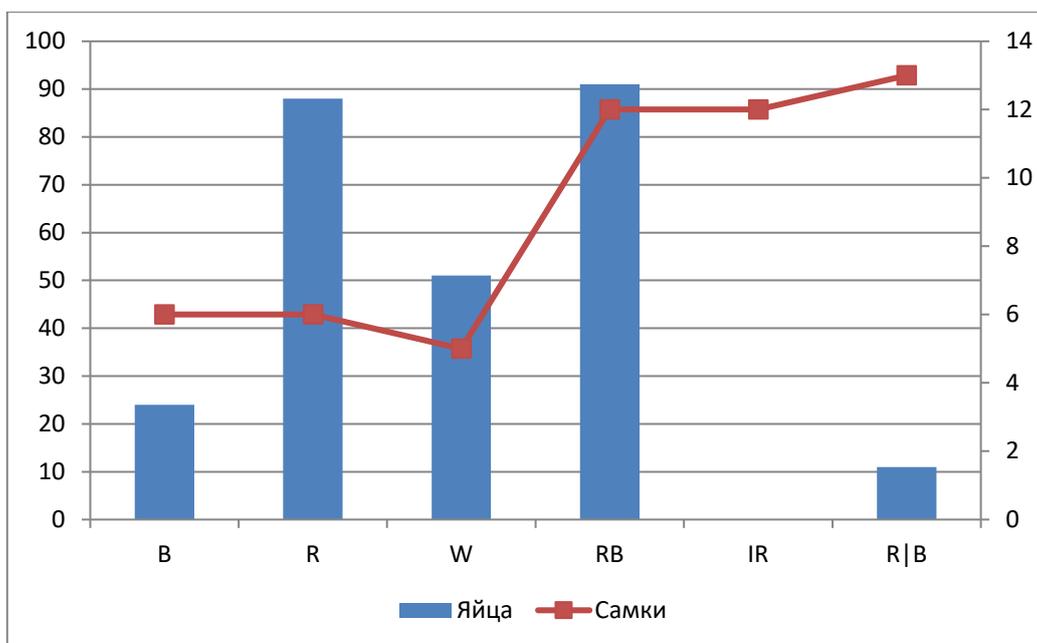


Рис. 2. Сравнение динамики яиц и самок на разных спектрах

Конечно, не стоит исключать воздействие температуры и влажности. При высоких температурах темпы развития размножения паутинного клеща *T.urticae* возрастают. Что мы видим на графиках Сравнения динамики средних значений влажности и температуры внутри прибора «Фотон». Развитие паутинного клеща было в первой части опыта замедленным. Однако при повышенных температурах время жизни самок меньше. При этом колебания влажности были не значительными, что имело невысокое влияние, на репродуктивную функцию и жизнеспособность особей *T.urticae*.

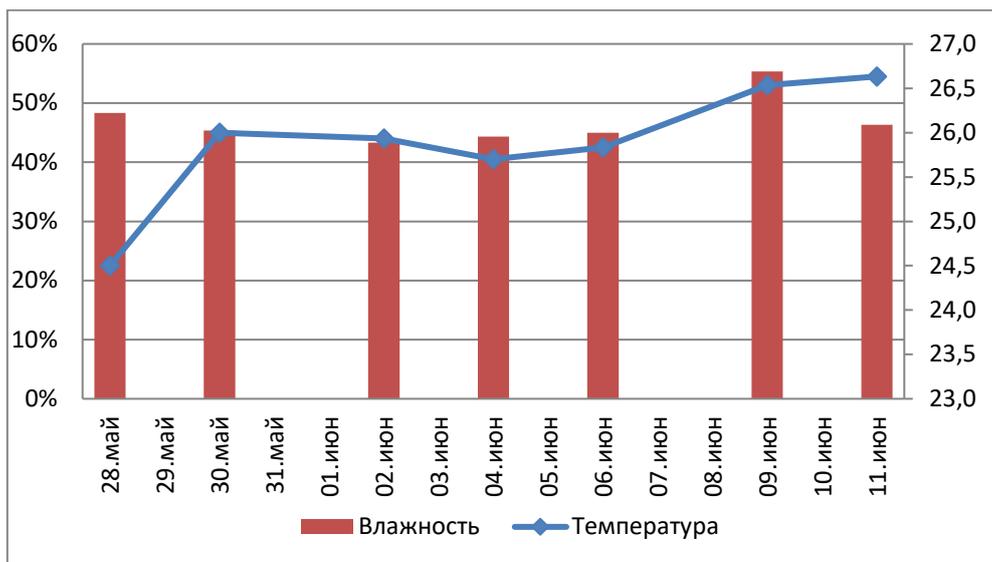


Рис. 3. Сравнение динамики средних значений влажности и температуры внутри прибора «Фотон» первой части опыта на период 28.05.26 – 11.06.2025

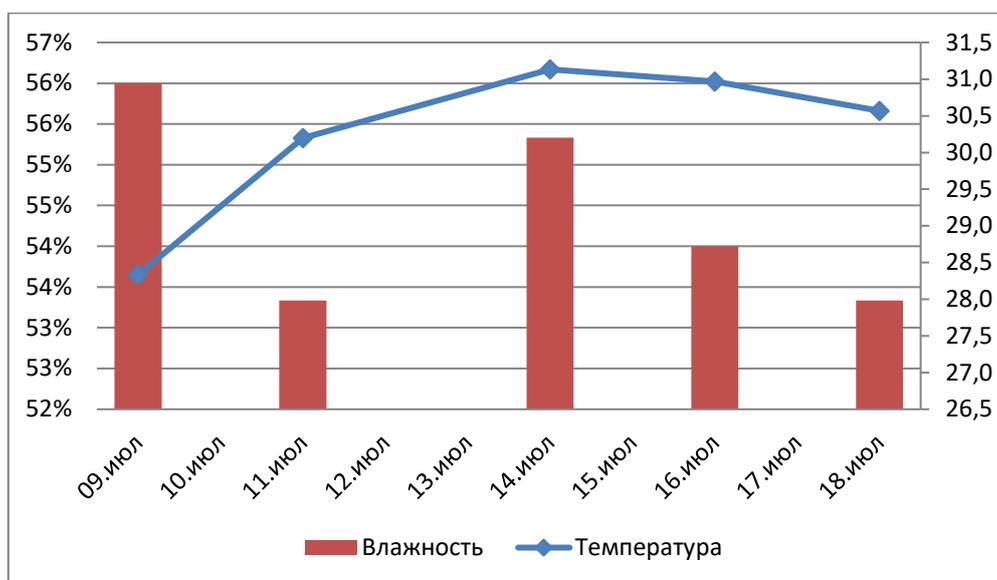


Рис. 4. Сравнение динамики средних значений влажности и температуры внутри прибора «Фотон» второй части опыта на период 09.07.26 – 18.07.2025

Данное исследование имеет практическое применение в области сельского хозяйства для регулировки светового режима и защиты растений в защищенном грунте. А также является частью опыта по созданию устойчивых колоний хищного клеща *Neoseiulus californicus*.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васильев В.П., Лившиц И.З. Вредители плодовых культур. – М. Колос, 1984. – 399с.
2. Васильев В.П. Вредители сельскохозяйственных культур и лесных насаждений: В 3-х т. / Под общ. ред. В.П. Васильева. – 2-е изд., испр. и доп. – Т. 1. Вредные нематоды, моллюски, членистоногие / Ред. тома В.Г. Долин. – К.: Урожай, 1987. – 440 с.: ил. ОК.
3. Попов С.Я. Растительоядные клещи в защищенном грунте // Защита растений. – 1988. – № 1. – С. 46–48.
4. Сайт Агробизнес: <https://agbz.ru/articles/vliyaet-li-dosvechivanie-na-nasekomykh-vrediteley-v-teplitse/> Дата публикации: 05.05.2023.
5. Maeda T., Takabayashi J., Yano S. et al. Effects of Light on the Tritrophic Interaction Between Kidney Bean Plants, Two-Spotted Spider Mites and Predatory Mites, *Amblyseius Womersleyi* (Acari: Phytoseiidae). *Exp Appl Acarol* 24, 415–425 (2000).

### INFLUENCE OF LIGHT SPECTRUM LENGTH ON THE CONDITION OF SPIDER MITES (TETRANYCHUS URTICAE)

Izmailova E.S.

*All-Russian Research Institute of Phytopathology,  
Bol'shiye Vyazyomy, Russia, helena-chan@mail.ru*

**Abstract:** Abstract: The development of spider mite (*Tetranychus urticae*) colonies is influenced by environmental factors such as temperature, humidity, and daylength. However, the light spectrum also influences the mite's health. Experiments conducted at the laboratory of the All-Russian Research Institute of Phytopathology in the Moscow Region showed that the far-red spectrum worsened the condition of the adults, while using a combination of blue and red spectrums resulted in an increase in egg production compared to other options. This experiment is part of a study on creating a resilient colony for spider mite control. Furthermore, light spectrums should be considered when cultivating crops indoors. They can also be used in the future as a component of an integrated plant protection system.

**Keywords:** spider mite, plant protection, light spectrum, beans, biological control.

# ВЛИЯНИЕ ВЕСЕННИХ ЗАМОРОЗКОВ НА РАСПРОСТРАНЕНИЕ ВОЙЛОЧНОГО КЛЕЩА НА ВИНОГРАДНИКАХ В ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

Калашников А.Д.<sup>1</sup>, Белошапкина О.О.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии», р.п. Большие Вязёмы, Россия, [AleksyKalashnikov@gmail.com](mailto:AleksyKalashnikov@gmail.com)

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия

**Аннотация:** Весенние заморозки являются одним из наиболее вредоносных абиотических стресс-факторов, способных не просто снизить продуктивность виноградных насаждений, но и полностью лишить виноградарей урожая текущего года. Однако они оказывают влияние не только на насаждения, но и на вредные организмы. В Павловском районе Воронежской области в ходе многолетнего фитосанитарного мониторинга было отмечено резкое снижение численности войлочного клеща после весенних заморозков 2024–2025 гг. На начало наблюдений в 2022 году распространение войлочного клеща на посадках составляло в среднем 52% а интенсивность поражения 28%, после весенних заморозков 2024 и 2025 годов эти показатели снизились до нуля. На растениях, имевших защиту от заморозков, распространённость и интенсивность поражения составили 38% и 27%, соответственно. Следовательно, при планировании применения средств защиты винограда от войлочного клеща следует учитывать температурные показатели. При поражении побегов во время весенних заморозков, приходящихся на фазу роста побегов и соцветий, мероприятия по защите от этого вредителя могут быть исключены.

**Ключевые слова:** виноградник, весенние заморозки, войлочный клещ.

## ВВЕДЕНИЕ

В России отрасли виноградарства уделяется все большее значение, однако, площадь, занятая виноградниками в нашей стране по данным на 2024 г. незначительная, составляет около 105000 га [1]. Южные винодельческие регионы не в состоянии полностью обеспечить продукцией население страны. В связи с чем возникает необходимость распространения культуры винограда в новые более северные регионы. Такое расширение площадей несёт существенные риски из-за наличия новых стресс-факторов биотической и абиотической природы [2]. Весенние заморозки, чья экстремальность с каждым годом нарастает особенно в северной зоне виноградарства, способны не просто снизить количество получаемого урожая, но полностью его лишить. При этом, необходимо учитывать, что неблагоприятные абиотические факторы, в том числе и заморозки, оказывают влияние не только на растения, но и на возбудителей болезней и вредителей [3].

Целью данного исследования было установление влияния поздневесенних заморозков на распространенность и интенсивность повреждения сортов винограда войлочным клещом *Eriophyes vitis*.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работа проводилась в рамках изучения влияния ряда агрохимикатов на рост и развитие плодоносящих растений видов и сортов винограда, их иммунологической оценки к вредителям и болезням, проводили учеты повреждений растений войлочным клещом. Этот вредитель зимует под чешуйками плодовых почек, весной заселяя распусившиеся листья. Опыт проводили на базе частной коллекции винограда в деревне Большая Казинка Павловского района Воронежской области. Данный географический регион находится за северной границей традиционной зоны промышленного возделывания винограда. Климат местности характеризуется как умеренно континентальный, средняя температура января на юге, в районе Павловска,  $-8,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а самого жаркого месяца, июля,  $+21,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Среднегодовая температура  $6,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , которая с конца 1950-х гг. прибавилась на  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ , в основном за счет повышения температуры в холодные сезоны. Продолжительность безморозного периода увеличилась на 3-5 дней, но экстремальность появления самых ранних и поздних возвратных заморозков нарастает [4].

Условия проведения наблюдений за два года, за исключением весенних заморозков, можно считать типичными для данного региона (рис. 1). Заморозки фиксировались с 8 по 14 мая 2024 г. и с 1 по 5 мая 2025 г. Минимальная температура в период заморозка 2024 г. была отмечена 10 мая и составила  $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а в 2025 г. была 3 мая и составила  $-8,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

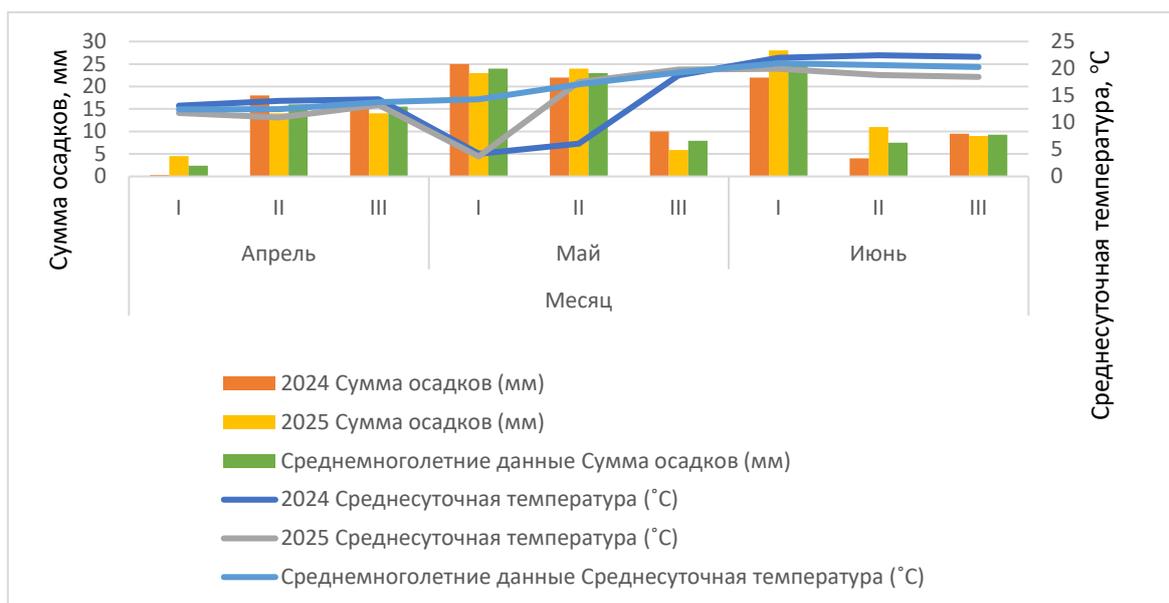


Рис. 1. Погодные условия в период испытаний в сравнении со среднемноголетними (Павловский район Воронежской области)

Опыт по изучению восстановления плодоносящих растений винограда после поздневесеннего заморозка проводили в насаждениях закладки 2015 г. следующих сортов: «Память Домбковской» – сверхранний, универсальный, «Либерти» – раннесредний, технический и «Ранний Магарача» – ранний, столовый. Более подробная характеристика данных сортов ранее представлена в нашей статье [4]. Культура винограда корнесобственная, укрывная, поливная. Формировка – 4-рукавная веерная с нагрузкой 50 глазков на куст. Система содержания междурядий – залужение. Технология возделывания стандартная, без применения средств защиты растений и удобрений. Отдельно, проводился мониторинг 2-х кустов сорта «Память Домбковской», возделываемых в корнесобственной, укрывной, пристенной культуре. Визуальные и биометрические учеты проводили по методике КубГАУ [5].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В период с начала наблюдений в 2022 году до 2024 года распространённость войлочного клеща составляла в среднем 52%, достигая 28% повреждения листовой поверхности, что снижало продуктивность насаждений на 7–10% (табл. 1).

Однако, в 2024 года в фазу роста побегов и соцветий с 8 по 14 мая были зафиксированы заморозки, минимальная температура которых составила  $-8^{\circ}\text{C}$ . В результате пострадали не только растения, но оказалось, что на протяжении вегетационного периода на культивируемых сортообразцах коллекции присутствие данного вредителя не было выявлено. В отличие от отдельных растений, выращиваемых в пристенной культуре, на которых распространённость вредителя и площадь повреждения листьев составили 38% и 27%, соответственно.

Таблица 1

### Распространённость и площадь поражения насаждений винограда войлочным клещом за 2022–2025 гг.

Год	Сорт	Память Домбковской	Ранний Магарача	Либерти	Память Домбковской пристенная культура
2022	Распространённость	52	48	50	52
	Площадь поражения	26	25	29	26
2023	Распространённость	51	53	50	50
	Площадь поражения	30	25	25	28
2024	Распространённость	0	0	0	38
	Площадь поражения	0	0	0	27
2025	Распространённость	0	0	0	40
	Площадь поражения	0	0	0	29

В следующем 2025 году ситуация повторилась. Заморозки с минимальной температурой  $-8,7\text{ }^{\circ}\text{C}$  были зафиксированы с 1 по 5 мая. Аналогично 2024 году, присутствие войлочного клеща было отмечено только на образцах, выращиваемых в пристенной культуре возле отапливаемого строения, что давало частичную защиту от заморозка, данные настенного термометра, зафиксировали минимальную отметку при заморозке в  $-1,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При планировании применения средств защиты винограда от войлочного клеща следует учитывать температурные показатели. При поражении побегов во время весенних заморозков, приходящихся на фазу роста побегов и соцветий, мероприятия по защите от этого вредителя могут быть исключены.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ФГБУ «Центр Агроаналитики»: [Электронный ресурс]. URL: <https://spe-cagro.ru/news/202404/ploschad-vinogradnikov-v-rf-v-2023-godu-uvelichilas-do-105-tys-ga>. (Дата обращения: 20.11.2024).
2. Мисриева Б.У. Современные подходы в защите винограда от биотических и абиотических факторов, Виноделие и виноградарство. 2013; 5: 8–11.
3. Белошапкина О.О. Иммунологическая оценка видов и сортов винограда на микозы в Воронежской области, Биосфера. 2022; 14: 270–275.
4. Калашников А.Д. Об эффективности применения ряда агрохимикатов на винограднике в воронежской области для минимизации ущерба от заморозков, Инновационные направления исследований в сельском хозяйстве (к 80-летию Чеченского НИИСХ): сборник научных трудов по материалам Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (г. Грозный, 10–13 апреля 2025 г.). Махачкала: Издательство АЛЕФ, 2025. 306–311 с.
5. Трошин Л.П. Ампелометрия. Краснодар, 2011. 156 с.

## THE IMPACT OF SPRING FREEZES ON THE SPREAD OF THE FELT MITE IN VINEYARDS IN THE VORONEZH REGION

Kalashnikov A.D.<sup>1</sup>, Beloshapkina O.O.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *All-Russian Research Institute of Phytopathology,  
Bol'shiye Vyazyomy, Russia, AleksyKalashnikov@gmail.com*

<sup>2</sup> *Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev  
Agricultural Academy, Moscow, Russia*

**Abstract:** Spring frosts are one of the most harmful abiotic stress factors that can not only reduce the productivity of grape plantations, but also completely deprive winegrowers of the current year's harvest. However, they have an impact not only on plantings, but also on harmful organisms. In the Pavlovsky district of the Voronezh Region, during the long-term phytosanitary monitoring, a sharp decrease in the number of felt mites was noted after the spring frosts of 2024–2025. At the beginning of observations in 2022, the spread of felt mites in plantings averaged 52% and the lesion intensity was 28%. After the spring frosts of 2024 and 2025, these indicators decreased to zero. On plants that had frost protection, the prevalence and intensity of damage were 38% and 27%, respectively. Therefore, when planning the use of grape protection products against the felt mite, temperature indicators should be taken into account. If shoots are affected during spring frosts, which occur during the growth phase of shoots and inflorescences, measures to protect against this pest can be excluded.

**Keywords:** vineyard, spring frosts, felt mite.

# О ПРОБЛЕМАХ ВНЕДРЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ВНЕСЕНИЯ ПЕСТИЦИДОВ В КОНТЕКСТЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НЕЗАВИСИМОСТИ РОССИИ

Кисиль М.Е.<sup>1</sup>, Овчинников А.С.<sup>2</sup>, Генералов С.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ООО «Научно-техническая корпорация»,  
Волгоград, Россия, *ntk.volgograd@yandex.ru*

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет,  
Волгоград, Россия, *inv.74@mail.ru*

**Аннотация:** В статье рассмотрены актуальные проблемы внедрения современных технологий и технических средств внесения пестицидов в контексте обеспечения технологической независимости России, предложены варианты эффективного их решения.

**Ключевые слова:** продовольственная безопасность, технологическая независимость, авиационно-химические работы.

## ВВЕДЕНИЕ

Обстановка в стране, руководящие документы, принятые на высшем уровне, и простой здравый смысл диктуют необходимость обеспечения национальной безопасности и технологической независимости России, в том числе в сельском хозяйстве.

Защита полезных растений от сорняков, вредителей, болезней – важная составляющая агротехнологического процесса. От ее качества и эффективности напрямую зависят объем и качество собираемого урожая, а значит – продовольственная безопасность и независимость страны.

Производство сельхозпродукции, снижение ее стоимости, экономия ресурсов обеспечиваются в конкретных хозяйствах. При этом органы власти должны создавать благоприятные условия для их эффективной деятельности.

За прошедшие 25 лет в России накоплен значительный опыт применения современных эффективных технологий и технических средств внесения самых разных средств защиты растений (СЗР). В основе применяемых технологий лежат результаты многолетних фундаментальных разработок советских и российских ученых 20-го века [Дунский и др., 1982, Лысов, 2019].

Целью настоящей публикации является привлечение внимания научного сообщества к проблемам внедрения современных технологий и технических средств внесения пестицидов в контексте обеспечения технологической независимости России.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Многолетние исследования специалистов ВНИИ фитопатологии и ВИЗР (Дунский В.Ф., Никитин Н.В., Спиридонов Ю.Я., Соколов М.С., Лысов А.К., Абубикеров В.А. и др.), проведенные с 1970-х годов и до настоящего времени, убедительно доказали, что биологическая и хозяйственная эффективность химпрепаратов определяется не нормой расхода рабочей жидкости, а техническими средствами внесения препарата, от которых зависят дисперсный состав факела распыла, плотность и равномерность покрытия [Дунский и др., 1982, Никитин и др., 2010].

Разработанная технология монодисперсного ультрамалообъемного опрыскивания (технология ММО) позволяет снизить потери сельскохозяйственных культур от сорняков, вредителей и болезней и при этом уменьшить пестицидную нагрузку на почву, минимизировать снос рабочей жидкости за пределы поля, уменьшить норму расхода препарата на гектар, обеспечить ресурсосбережение и в целом снизить расходы на производство продовольствия в России.

В основу технологии ММО заложен принцип получения факела распыла, состоящего из капель одинакового диаметра. Технология ММО базируется на использовании вращающихся распылителей жидкости (ВРЖ) (дисковых, сетчатых или перфорированных барабанов) [Лысов, 2019]. В сравнении с гидравлическими форсунками, априори создающими полидисперсный факел распыла, ВРЖ имеют ряд неоспоримых преимуществ:

- обеспечение диспергирования рабочей жидкости на близкий к монодисперсному по спектру капель распыл (с коэффициентом полидисперсности 1,4–2,2);
- возможность регулирования размеров основных капель в широком диапазоне от 40 до 600 мкм;
- обеспечение эффективного применения малых (3–5 л/га) и сверхмалых (до 0,5 л/га) норм расхода рабочей жидкости;
- возможность достижения большей плотности и равномерности покрытия адаксиальной и абаксиальной сторон листа обрабатываемых растений;
- получение качественного распыла при низких давлениях рабочей жидкости на распылитель (менее 1 бара или самотеком), что исключает использование в опрыскивающей технике насосов высокого давления.

В монографии [Лысов, 2019] отмечается, что применение технологии ММО позволяет до 50% сократить норму расхода контактных фунгицидов и на 25–50% – норму расхода инсектицидов, а это значит получение более безопасных для здоровья человека продуктов питания. Технология ММО позволила достичь высокого эффекта обработки при расходе рабочей жидкости 10 л/га, в то время как традиционно в этих случаях применялось полнообъемное опрыски-

вание с нормой расхода рабочей жидкости до 400 л/га. Проведенная экономическая оценка показала неоспоримые преимущества технологии ММО перед традиционной технологией по снижению затрат, связанных с выполнением основных технологических операций, и экономии материально-технических ресурсов (воды, пестицидов, топлива, рабочего времени, амортизации транспортных средств). В статье [Дорохов и др., 2021] подтверждается, что для достижения максимальной эффективности химической обработки распылители должны формировать капли примерно одинакового диаметра с возможностью регулировки размеров капель монодисперсного аэрозоля в пределах от 10 до 150 мкм, преимущественно обеспечивая ультрамалообъемное опрыскивание.

В 1970-е годы во ВНИИФ были созданы отечественные образцы дисковых распылителей для наземной и авиационной опрыскивающей техники. Но, к сожалению, высокотехнологичная, экологичная, ресурсосберегающая, «хайтековская» технология ММО [Спиридонов и др., 2019] не была внедрена в СССР и до сих пор не находит широкого распространения сейчас в России.

В настоящее время режим распыления близкий к монодисперсному в производственных условиях могут обеспечить только ВРЖ, которыми оснащаются сверхлегкие воздушные суда (СВС) для проведения авиационно-химических работ (АХР).

Специалисты ООО «НТК» (Волгоград) посвятили прошедшие 25 лет обработке технологии ММО с помощью СВС, летные характеристики которых позволили применить эту технологию на практике. За это время была разработана, отлажена и сертифицирована соответствующая химаппаратура, удалось получить высокое качество обработки и целевые параметры (регулируемый монодисперсный распыл, равномерность и плотность покрытия). Совместно со специалистами ОАО НПК «ПАНХ» (г. Краснодар), ГОСНИИ ГА (г. Москва), ТАНТК им. Бериева и КБ «Спектр-Аэро» (г. Таганрог) был создан перспективный самолет СП-30 и специальное оборудование к нему, получены положительные заключения по его применению.

С 2000 года технология ММО активно применяется для внесения препаратов с помощью СВС. Ее высокая эффективность и безопасность в промышленных масштабах доказана на миллионах гектарах посевных площадей в тысячах хозяйств по всей стране. Десятки препаратов отлично зарекомендовали себя в борьбе с сорняками, вредителями, болезнями растений, в десикации, при нормах расхода рабочей жидкости 3–4 л/га.

Ежегодно в России обрабатывается пестицидами порядка 90 млн. га посевных площадей, из них, по данным Росавиации, около 6 миллионов гектаров обрабатывается с воздуха сверхлегкой авиацией; порядка 30 эксплуатантов для выполнения АХР используют более 100 СВС. Согласно опросу, проведенному

Минсельхозом России, 44 субъекта России высказались за необходимость использования для АХР СВС.

При этом как на федеральном, так и на региональном уровне управления сельским хозяйством отсутствует достоверная официальная информация о применяемых современных технологиях и технических средствах внесения. Это первая проблема, которая мешает принятию на государственном уровне правильных управленческих решений, направленных на обеспечение технологического суверенитета АПК России.

При этом одной из проблем, которая мешает принятию правильных управленческих решений (как на федеральном, так и на региональном уровне), направленных на обеспечение технологического суверенитета АПК России, является отсутствие достоверной официальной информации о применяемых технологиях и технических средствах внесения препаратов.

Второй проблемой является Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации, (Каталог пестицидов), который, по-прежнему, как и 50 лет назад, диктует применение препаратов в основном с нормами расхода рабочей жидкости 150–300 л/га и выше, а при авиаобработках – 25–100 л/га. В реальном же сельхозпроизводстве наземная техника уже давно работает с нормами 15–100 л/га, а авиационная – 3–4 л/га.

Именно действующий Каталог пестицидов сдерживает внедрение современных технологий и технических средств внесения препаратов (в т. ч. авиационных, в частности, беспилотных) и препятствует ресурсосбережению и повышению эффективности сельхозпроизводства. Сложившаяся ситуация вынуждает сельхозпроизводителя представлять недостоверные сведения о проведенных защитных работах, в том числе об объемах работ, выполняемых авиацией.

Между тем, существует простое и эффективное решение вопроса с Каталогом пестицидов: надо уйти от нормирования расхода рабочей жидкости (по опыту дружественной Беларуси), поскольку, как показано выше, норма расхода рабочей жидкости, устанавливаемая Каталогом пестицидов, совсем не является критерием безопасности применения и не определяет качество внесения препарата и эффект от его внесения.

Третьей проблемой, отдельным и важнейшим вопросом является производство авиатехники для сельского хозяйства. До сих пор отсутствует государственная поддержка производства СВС сельхозназначения с авиадвигателем отечественного производства. Доля авиаработ в себестоимости сельхозпродукции не может быть выше 5%, поэтому самолет для сельского хозяйства изначально должен быть надежным, простым в обслуживании, иметь отечественный поршневого авиадвигатель мощностью 100–120 л.с., ресурс до 10 лет и срок

окупаемости 2–3 года. Потребность в таких самолетах в России, по оценкам экспертов, составляет 500–600 единиц, и программа их производства должна предусматривать 60–100 единиц в год. Проблему могли бы решить 3–4 малых производства с программой выпуска до 20–30 единиц в год, но дорогостоящие и длительные процедуры лицензирования разработчика и сертификации производства не позволяют создать и запустить такие производства. А современный отечественный авиапром с его высокими накладными расходами не сможет произвести простой и дешевый сельхозсамолет (пример тому – самолет СУ-38Л ОКБ «Сухой», проект которого так и не получил своего развития, да и пресловутый «Байкал» вряд ли выдержит конкуренцию с СВС в сфере АХР).

Хочется надеяться, что повышение внимание на высшем уровне к вопросам обеспечения продовольственной безопасности и технологической независимости России поможет решению обозначенных системных проблемных вопросов.

В Послании Президента РФ от 29 февраля 2024 года было подчеркнуто, что Российская Федерация должна быть независима, иметь все технологические ключи в таких чувствительных областях, как сбережение здоровья граждан и продовольственная безопасность.

Указом Президента РФ от 7 мая 2024 года № 309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года» установлены в качестве целевых показателей увеличение к 2030 году объема производства продукции АПК не менее чем на 25% по сравнению с уровнем 2021 года и увеличение экспорта продукции АПК не менее чем в полтора раза по сравнению с уровнем 2021 года.

12 декабря 2024 г. в Комитете Совета Федерации по аграрно-продовольственной политике и природопользованию был обсужден вопрос «Об обеспечении технологического суверенитета агропромышленного комплекса Российской Федерации», Минсельхозу России рекомендовано активизировать проведение технической и технологической политики в АПК, обеспечивающей содействие распространению передового опыта внедрения в сельхозпроизводство перспективных технологий и применения высокопроизводительных современных машин.

Дорогу осилит идущий. Согласимся с авторами [Спиридонов и др., 2019] и пожелаем, чтобы в ближайшей перспективе регионально адаптированные технологии ММО стали неотъемлемым элементом рентабельного и экологичного производства важнейших сельскохозяйственных культур.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для решения проблем широкого внедрения современных технологий и технических средств внесения пестицидов в контексте обеспечения технологической независимости России Правительству Российской Федерации необходимо незамедлительно решить следующие задачи:

1. Обеспечить сбор достоверной информации и мониторинг защитных работ, проводимых в России наземной и авиационной техникой, о применяемых технологиях и технических средствах внесения СЗР (Россельхозцентр, региональные органы управления сельским хозяйством).

2. Привести содержание Каталога пестицидов в соответствие с современной практикой защитных работ, уйти от нормирования расхода рабочей жидкости при условии применения технических средств внесения, обеспечивающих распыление, близкое к монодисперсному.

3. Включить в Государственную программу развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия вопросы развития технологий и технических средств внесения средств защиты полезных растений.

4. Обеспечить государственную поддержку разработки и изготовления отечественных современных технических средств внесения СЗР и авиационной техники сельхозназначения, в том числе СВС.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дорохов А.С., Старостин И.А., Ещин А.В. Перспективы развития методов и технических средств защиты сельскохозяйственных растений. *Агроинженерия*, 2021, 1, 26–35.

2. Дунский В.Ф., Никитин Н.В., Соколов М.С. Пестицидные аэрозоли. М.: Наука, 1982.

3. Лысов А.К. Современные технологии и средства механизации для систем интегрированной защиты растений. СПб, 2019.

4. Никитин Н.В., Спиридонов Ю.Я., Шестаков В.Г. Научно-практические аспекты технологии применения современных гербицидов в растениеводстве. М.: ВНИИФ, 2010.

5. Спиридонов Ю.Я., Соколов М.С., Глинушкин А.П., Каракотов С.Д., Коршунов А.В., Торопова Е.Ю., Сараев П.В., Семёнов А.М., Семёнов В.М., Никитин Н.В., Калиниченко В.П., Лысенко Ю.Н. Адаптивно-интегрированная защита растений. М.: ПЕЧАТНЫЙ ГОРОД, 2019.

**ABOUT THE PROBLEMS OF INTRODUCING MODERN TECHNOLOGIES  
AND TECHNICAL MEANS OF APPLYING PESTICIDES  
IN THE CONTEXT OF ENSURING TECHNOLOGICAL  
INDEPENDENCE OF RUSSIA**

Kisil M.E.<sup>1</sup>, Ovchinnikov A.S.<sup>2</sup>, Generalov S.A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Scientific and Technical Corporation, LLC, Volgograd, Russia,  
ntk.volgograd@yandex.ru*

<sup>2</sup> *Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia, inv.74@mail.ru*

**Abstract:** The article discusses the current problems of introducing modern technologies and technical means of applying pesticides in the context of ensuring Russia's technological independence, and suggests effective ways to solve them.

**Key words:** food security, technological independence, aerial-chemical works.

# ИССЛЕДОВАНИЕ МИГРАЦИИ ПЕСТИЦИДОВ

Колупаева В.Н., Ступкина А.М.

*Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии,  
Большие Вяземы, Россия, amulanaya@gmail.com*

**Аннотация:** В данной работе обобщены результаты многолетнего лизиметрического эксперимента по изучению транспорта пестицидов. Лизиметрические исследования позволяют определять концентрации пестицидов в водном стоке, что позволяет рассчитывать индексы риска их применения для грунтовых вод. Все изученные пестициды мигрировали за пределы лизиметра, причем первые эпизоды появления пестицидов в лизиметрическом стоке наблюдались спустя 2–4 недели после применения. Быстрый проскок изучаемых соединений через лизиметр связывают с их движением с преимущественными потоками. Более высокие концентрации в фильтрате отмечены для подвижных соединений, таких как метрибузин и С-метолахлор. Среднеподвижные и среднестойкие пестициды (циантранилипрол и имидаклоприд) детектируют в воде спустя два года после последнего применения.

**Ключевые слова:** почва, миграция пестицидов, грунтовые воды, лизиметры, водный сток.

## ВВЕДЕНИЕ

Загрязнение грунтовых вод пестицидами является распространенным явлением. Нередко в одном водном образце из подземных вод обнаруживают более одного действующего вещества или метаболита (Sishu et al., 2022; Bexfield et al., 2021). Исследование миграционного потенциала пестицидов и их метаболитов имеет важное значение для оценки их воздействия на окружающую среду и обеспечения безопасности человека и окружающей среды. Изучение транспорта пестицидов проводится для того, чтобы не только зафиксировать способность пестицида к миграции в конкретных почвенных и климатических условиях, но, также, чтобы иметь возможность экстраполировать полученные данные на другие регионы и прогнозировать риск загрязнения грунтовых вод. Целью данной работы было обобщить результаты многолетнего лизиметрического эксперимента.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Изучение транспорта пестицидов за пределы почвенного профиля проводили в лизиметрах МГУ им. Ломоносова (г. Москва). Почва в лизиметрах дерново-подзолистая среднесуглинистая (Albic Glossic Retisols по WRB). Пестициды вносили в почву в июне в год исследования с использованием ранцевого опрыскивателя в максимальной рекомендованной и увеличенной в 5–8 раз нормах применения. Лизиметр оставляли под паром. Пробы водного стока отбирали

1–4 раза в месяц. Объем лизиметрического стока фиксировали автоматически. Количественный анализ содержания изучаемых пестицидов в водных образцах проводился методами ВЭЖХ и ГЖХ. Пестициды вносили однократно или же два года подряд. Длительность наблюдения за миграцией пестицидов составляла от одного до трех лет.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В настоящее время у исследователей имеется два эффективных метода, позволяющих оценить концентрацию пестицидов в водном стоке на нижней границе почвенного профиля – это моделирование и лизиметрический эксперимент. Преимущества лизиметрического опыта по сравнению с лабораторным – это условия, приближенные к полевым, почва ненарушенного сложения, достаточно большая площадь, чтобы имитировать сельскохозяйственную практику, возможность одновременного изучения разложения и миграции, по сравнению с полевым – возможность измерения объема водного стока и его отбора, расчет баланса воды и внесенного вещества, отсутствие латеральной миграции. С 2015 года лаборатория химии окружающей среды ФГБНУ ВНИИФ совместно с кафедрой физики почв факультета МГУ им. М.В. Ломоносова проводила исследования в больших лизиметрах МГУ. За это время была изучена миграция 6-ти соединений, причем одного из них дважды – в двух двухлетних экспериментах. Для исследования были выбраны подвижные пестициды, такие как С-метолахлор, метрибузин, тербутилазин, имидаклоприд, которые часто обнаруживают в грунтовых водах при мониторинге, а также новые средства защиты растений – циантранилипрол и паклобутразол, по которым имеется мало данных.

Опыты позволили обнаружить некоторые закономерности миграции токсиантов в почве. Во-первых, все изученные пестициды были определены в воде. Можно предположить, что свойства почв (низкое содержание органического вещества) и погодные условия (низкая среднегодовая температура, длительный морозный период, высокая влагообеспеченность), а также промывной водный режим способствуют длительному сохранению и миграции пестицидов. Изменение климата в средних широтах приводит к увеличению годового количества осадков, причем увеличивается доля осадков в виде ливней, особенно в летний период, что также усиливает транспорт пестицидов. Во-вторых, первое обнаружение пестицидов в лизиметрическом стоке наблюдается уже в течение 1–2 месяцев после внесения. Это было бы невозможным при движении вещества с хроматографическим равномерным поступательным движением потока влаги. Таким образом, предполагается, что вымывание пестицидов происходит по преимущественным путям переноса. В этот период в почве находится много еще неразложившегося пестицида, поэтому наблюдаемые концентрации пестицида

высокие. В-третьих, более высокие концентрации в водном стоке в начальный период после обработки были отмечены для подвижных слабосорбирующихся пестицидов, например, метрибузина (Кос 3–82) (Kolupaeva et al., 2019) и С-метолахлора (Кос 200). Для этих соединений максимальные концентрации в лизиметре с кратно увеличенной нормой применения составили 180 и 25 мкг/мл соответственно. В-четвертых, малостойкие пестициды, как правило, обнаруживаются в стоке в вегетационный сезон после применения и не детектируются в осенне-зимне-весенний периоды. Примером может служить метрибузин (ДТ50 5–13 сут), который в варианте с рекомендованной нормой применений был обнаружен однократно, в варианте с 5-тикратной дозой – в 39,5% образцов в период с июня по август (Kolupaeva et al., 2019). В-пятых, умеренно подвижные и умеренно стойкие пестициды долгое время мигрируют в почве, прежде чем достичь нижней границы лизиметра. Поэтому их обнаруживают в воде, вытекающей из лизиметра, по крайней мере в течение двух лет после последней обработки. Циантранилипрол (Кос 241, ДТ50 34,4 сут) вносили в 2015 и 2016 годах, однако летом 2018 года он все еще обнаруживался в стоке (Kolupaeva et al., 2019). В обработанных имидаклопридом в 2022–2023 годах лизиметрах пестицид продолжали детектировать в 2025 году. Результаты показывают, что при использовании в рекомендованной норме пестициды обнаруживают в стоке реже, чем в варианте с увеличенной дозой (Астайкина и др., 2016). Причина этого – ограничения аналитического метода, который не позволяет детектировать вещество в первом случае. Также было отмечено, что в периоды интенсивных осадков концентрации пестицидов были невысоки, поскольку происходило разбавление почвенного раствора.

При всех достоинствах лизиметрического метода он имеет свои слабые стороны. Свободный водный сток, который образуется на нижней границе лизиметра, не вполне соответствует природной ситуации, где нет разрыва сплошности потока влаги (Умарова и др., 2021), что способно влиять на количество веществ, вымываемых из лизиметра, предположительно, увеличивать его; может возникать так называемый пристеночный эффект, который увеличивает вертикальный перенос воды по сравнению с естественными условиями (Умарова и др., 2021) (обычно нивелируется при увеличении площади лизиметра). Этих недостатков лишен мониторинг содержания пестицидов в грунтовых водах, который является самым информативным и, в то же время, самым трудоемким и дорогостоящим видом исследований по изучению транспорта пестицидов.

## БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена в рамках Государственного задания (тема № FGGU-2025-0005) с использованием оборудования ЦКП ФХБИ.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Астайкина А.А., Колупаева В.Н., Горбатов В.С. Экспериментальное изучение и моделирование миграции паклобутразола в почве. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета, 2016, 119, 1099–1110.
2. Умарова А.Б., Архангельская Т.А., Кокорева А.А., Ежелев З.С., Шнырев Н.А., Колупаева В.Н., Иванова Т.В., Шишкин К.В. Многолетние исследования почв Больших лизиметров МГУ: основные итоги первых 60 лет (1961–2021 гг.). Вестник Московского Университета. Серия 17. Почвоведение, 2021, 3, 4–20.
3. Bexfield L.M., Belitz K., Lindsey B.D., Toccalino P.L., Nowell L.H. Pesticides and Pesticide Degradates in Groundwater Used for Public Supply across the United States: Occurrence and Human-Health Context. *Environmental Science & Technology*, 2021, 55 (1), 362–372.
4. Kolupaeva V.N., Kokoreva A.A., Belik A.A., Pletenev P.A. Study of the behavior of the new insecticide cyantraniliprole in large lysimeters of the Moscow State University. *Open Agriculture*, 2019, 4 (1), 599–607.
5. Kolupaeva V., Kokoreva A., Bondareva T. The study of metribuzin migration in lysimeters. *E3S Web of Conferences*, 2020, 175.
6. Sishu F.K., Tilahun S.A., Schmitter P., Assefa G., Steenhuis T.S. Pesticide Contamination of Surface and Groundwater in an Ethiopian Highlands' Watershed. *Water*, 2022, 14, 3446.

## MIGRATION OF IMIDACLOPRID IN A FIELD EXPERIMENT

Kolupaeva V.N., Stupkina A.M.

*All-Russian Research Institute of Phytopathology,  
Bolshie Vyazemy, Russia, amulanya@gmail.com*

**Abstract:** Abstract: This paper summarizes the results of a long-term lysimetric experiment on the study of pesticide transport. Lysimetric studies allow determining the concentrations of pesticides in water leachate and then calculating risk indices for their use for groundwater. All studied pesticides migrated beyond the lysimeter, and the first episodes of pesticide appearance in the lysimetric water were observed 2-4 weeks after application. The rapid breakthrough of the studied compounds through the lysimeter was associated with their movement with preferential flows. Higher concentrations in the filtrate were noted for mobile compounds such as metribuzin and C-metolachlor. Moderately mobile and moderately persistent pesticides (cyantraniliprole and imidacloprid) were detected in water two years after the last application.

**Key words:** soil, pesticide migration, groundwater, lysimeters, leachate

# ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ НА ВЫЖИВАЕМОСТЬ РАСТЕНИЙ ПРИ ПАТОГЕННОЙ АГРЕССИИ

Косыгина (Свиридова) Л.Л.

*ФГБНУ «Всероссийский научно – исследовательский институт  
фитопатологии» р. п. Большие Вяземы, МО, Россия, Larina67@bk.ru*

**Аннотация:** Рассматриваемая проблема – агрессивное проявление патогенов на растениях сельскохозяйственного назначения, с которой приходится бороться средствами химической защиты, что зачастую отражается на качественных показателях получаемой продукции. Поиск альтернативных решений данной проблемы является основным направлением нашего исследования, которое рассматривает отражение патогенной агрессии за счет укрепления иммунных факторов самого растения, т. е. за счет обеспечения растения необходимым набором питательных веществ в доступной форме, находящихся в почвенной среде. Цель исследования – выявить влияние почвенного состава на выживаемость растения в агрессивной среде патогенных организмов.

**Ключевые слова:** почвенный состав, патогенная нагрузка, озимая пшеница, Мятлик луговой, выживаемость, иммунитет растений.

## ВВЕДЕНИЕ

Патогенные организмы являются основным сдерживающим фактором при получении высокопродуктивного растениеводческого товара, в связи с этим диагностирование первых признаков наличия в почвенной экосистеме вредных патогенов уменьшает применения химического вмешательства. Поэтому технологические приёмы по предотвращению негативных аспектов в почвенной среде с системой применения удобрений, предшественников и химической защиты являются важным сегментом изучения [1, 2]. Рассмотрим некоторые научные исследования, раскрывающие заинтересованность поднятой проблемы. В данной научной статье представлено описание основных видов корневых гнилей пшеницы и представлены методы борьбы с ними [3]. В следующей статье представлены сорта, обладающие улучшенными приспособительными качествами [4]. Следующая статья приводит основные доводы, которые обуславливают сложную фитопатологическую ситуацию в посевах озимой пшеницы [5]. Классические методы фитосанитарного мониторинга, основанные на визуальных наблюдениях определённой выборки растений являются трудоёмкими и невысоко репрезентативными. Представлены исследования по созданию базы данных разметки спор грибных болезней пшеницы на изображениях для создания автоматизированной системы их подсчета и идентификации [6, 7]. Приведены результаты по применению при возделывании пшеницы полифункциональных комплексов на основе

бактериальных штаммов *Bacillus subtilis* и 0,1%-ного салицилата хитозана, что приводило к существенному снижению поражаемости растений болезнями: желтой и бурой ржавчиной, мучнистой росой, корневой гнилью и обуславливало рост морфометрических показателей продуктивности [8].

Проведенный аналитический обзор литературных источников по обозначенной проблеме ещё раз подтвердил важность и научную актуальность проведённых исследований по выявлению влияния почвенного состава на выживаемость растения в агрессивной среде патогенных организмов.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследовании применены варианты почвенных смесей: питательный грунт (Н); светло-каштановая почва + органическое удобрение «Дядюшка гумус» (EG); светло-каштановая почва + сапротелевые отложения Волго-Ахтубинской поймы; светло-каштановая почва + ГУМОСТИМ, (жидкая форма) (EF); светло-каштановая почва + гуминовые удобрения Гуми-90, (порошкообразная форма) (ER); Контроль – светло-каштановая почва (E).

Подготовленные варианты задействованы в проведении лабораторных исследований по выявлению выживаемости растений на ранних этапах онтогенеза в агрессивной среде патогенных организмов. В качестве тест культур был использован семенной материал яровой пшеницы сорта «Агата» (Россия) и Мятлик луговой, сорт Бруклоун (Германия).

В испытаниях по исследованию выживаемости взят возбудитель, вызывающий фузариозные поражения зерновых культур: *Fusarium culmorum* (W.G.Sm.) штамм и количество спор в суспензии/мл:

*Fusarium avenaceum* Fa-1-  $1,4 \times 10^6$ ; *Fusarium culmorum* KC-1716-2 –  $0,04 \times 10^6$ ; *Fusarium graminearum* FG-30-  $0,01 \times 10^6$ ; *Fusarium oxysporum* FO-8 –  $2,5 \times 10^6$ ; *Fusarium poae* 100170-  $1,3 \times 10^6$ ; *Fusarium roseum* KPT 11-1 кч –  $0,01 \times 10^6$ ; *Fusarium sporotrichioides* CT-20-3 см –  $0,8 \times 10^6$ . Всего количество спор в суспензии/мл составило –  $\sim 6 \times 10^6$ .

Исследования, с применением вариантов фоновой нагрузки искусственного заражения грибов выполнены с использованием ЦКП ГКФМ ФГБНУ ВНИИФ (<http://www.vniif.ru/vniif/page/ckp-gkmf/1373>).

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Просмотренные показатели яровой пшеницы сорта «Агата» дали стойкую оценку по выявленному влиянию предложенных почвенных смесей на развитие растения в разных условиях окружающей среды. Определённая цель исследования находит своё решение в просматривании параметра выживаемости. Способность растения адаптироваться к условиям агрессивной атаки патогенов, говорит

нам о его способности извлекать из почвенной смеси необходимые вещества для сопротивления. Почвенная смесь в варианте (ED) с применением сапропелевых отложений Волго-Ахтубинской поймы в сочетании со светло-каштановой почвой имеет в своем потенциале ряд необходимых веществ в доступной для растений форме, которые помогли растению выжить ув условиях агрессивной среды, что подтверждено опытными исследованиями, отображенными на рисунке 1.

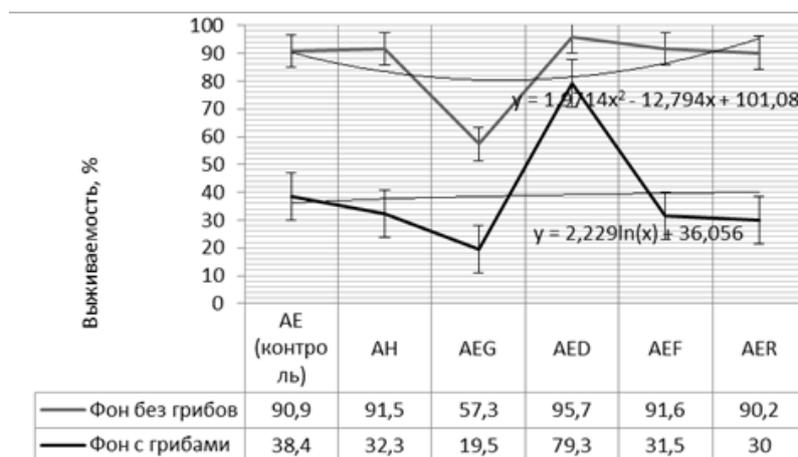


Рис. 1. Выявленные параметры выживаемости яровой пшеницы сорта «Агата», %

Графическое изображение результатов выживаемости яровой пшеницы сорта «Агата» демонстрирует активность растения при проявлении питательности почвенных смесей. Проведём анализ полученных результатов по вариантам: контрольный вариант (АЕ) с светло-каштановой почвой показал результаты в значениях: а – 90,9% выживаемости, но при фоновой нагрузке патогенными организмами значения падают до уровня б – 38,4%. В данных условиях у растения утрачивается шанс на развитие в 2,4 раза; варианты с органической составляющей (АН, АЕФ, АЕР) показывают прекрасные результаты без фоновой нагрузки (а) в значениях – 91,5; 91,6 и 90,2% соответственно. Это не удивительно, так как органическая составляющая является одним из главных факторов плодородия, что способствует росту и развитию растения. При предпринятой нагрузке патогенными организмами штаммов *Fusarium*, органическое вещество не может поддержать растение в борьбе с данным видом агрессии, что мы и наблюдаем в вариантах исследования: б – 32,3; 31,5, где наблюдается всего 30% выживаемости; вариант с использованием сапропелевых отложений показывает наилучшие результаты: а – 95,7%; б – 79,3%. Данный вариант всего на 16,4% не может обеспечить выживаемость растения в связи с патогенной средой обитания; самые низкие показатели по выживаемости показал вариант с использованием почвенной смеси светло-каштановой почвы и органического удобрения «Дядюшка гумус» (АЕГ) а – 57,3% и б – 19,5%.

Исследования подтвердили предполагаемый результат о влиянии продуктивных показателей сапротелевых отложений также и на формирование ростовых особенностей Мятлика лугового. На предложенном графике по сопровождающим фонам, представлены показатели по выживаемости (рис. 2).

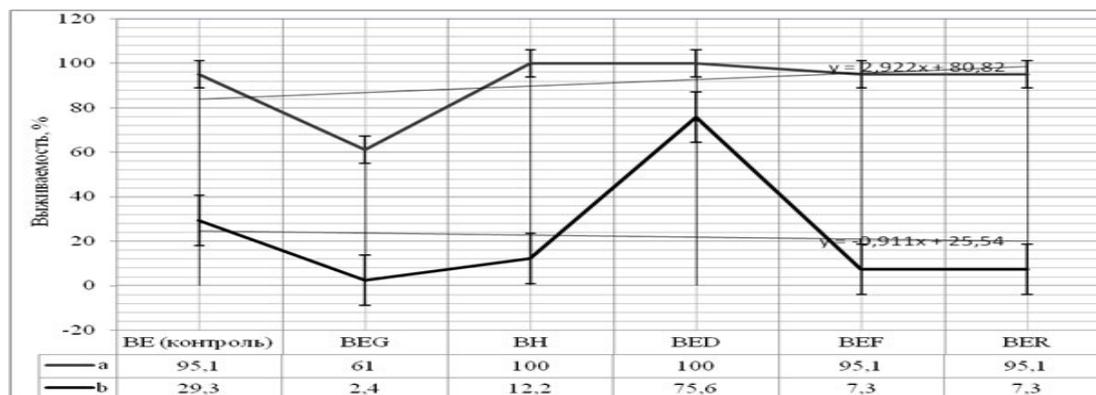


Рис. 2. График выживаемости тестируемой культуры при фоновом сопровождении

В условиях угнетения почвенной среды за счет искусственного заражения *Fusarium*, растения Мятлика лугового в варианте с внесением сапротелевых отложений (AED) показал лучший результат, где его выживаемость составила 75,6%, тогда как на контроле всего 29,3%. Варианты с органическими составляющими показали низкие параметры по выживаемости: BH – 12,2%; BEG – 2,4%; BEF – 7,3%; BER – 7,3%. Данные показатели являются основными для выявления стрессоустойчивости растений к условиям жизнеобеспечения.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проведенного исследования были получены доказательные результаты о благотворном влиянии почвенных смесей с добавлением сапротелевых отложений (ED – светло-каштановая почва + сапротелевые отложения в соотношении 50/50).

В связи с полученными данными проведенного исследования, можно с уверенностью сказать, что внесение сапротелевых отложений Волго-Ахтубинской поймы в светло-каштановую почву способствует укреплению иммунной системы тестируемых растений из-за сочетания агрохимических показателей в борьбе за выживаемость при патогенной атаке.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лавринова В.А. Влияние фунгицидов на вредные объекты в агроценозе озимой пшеницы / В.А. Лавринова, Н.Н. Стребкова, И.М. Евсева // *Зерновое хозяйство России*. – 2011. – № 2. – С. 58–62.

2. Марьина-Чермных, О.Г. Влияние агротехнических приемов на численность почвенных патогенов при возделывании озимой ржи / О.Г. Марьина-Чермных, М.А. Евдокимова // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 4 (32). – С. 40–44. – DOI 10.18286/1816-4501-2015-4-40-44.

3. Широбоков Е.Т. Корневые гнили на пшенице / Е.Т. Широбоков // Научные труды студентов Ижевской ГСХА: [Электронное издание] / отв. за выпуск Н.М. Итешина. Том 1 (10). – Ижевск: Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, 2020. – С. 278–282. – EDN JDGEAW.

4. Манукян И.Р. Оценка комплексной устойчивости различных сортов озимой пшеницы к болезням / И. Р. Манукян // Нива Поволжья. – 2025. – № 1 (73). – DOI 10.36461/NP.2025.73.1.006. – EDN KNUOTX.

5. Крупенько Н. Болезни в посевах озимой пшеницы в 2010-2024 годах / Н. Крупенько // Наше сельское хозяйство. – 2025. – № 9 (353). – С. 30–40. – EDN NSDVBN.

6. Создание автоматизированной системы определения спор грибных болезней озимой пшеницы на основе использования методов глубокого обучения / Р.Ю. Данилов, О.Ю. Кремнева, К.Э. Гасиян [и др.] // Передовые исследования Кубани: Сборник материалов Ежегодной отчетной конференции грантодержателей Кубанского научного фонда, Сочи, 29–31 мая 2024 года. – Краснодар: Кубанский научный фонд, 2024. – С. 102–104. – EDN DCFEBL.

7. Кремнева О.Ю. Искусственный интеллект для управления защитными мероприятиями на пшенице от возбудителей болезней / О.Ю. Кремнева, К.Э. Гасиян // XIV Всероссийское совещание по проблемам управления: сборник научных трудов, Москва, 17–20 июня 2024 года. – Москва: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2024. – С. 2152–2155. – EDN CAУХКС.

8. Биологическая эффективность полифункциональных комплексов на основе штаммов *Bacillus subtilis* и салицилата хитозана при возделывании пшеницы / И.И. Новикова, Л.Е. Колесников, Э.В. Попова [и др.] // Прикладная биохимия и микробиология. – 2024. – Т. 60, № 2. – С. 205–218. – DOI 10.31857/S0555109924020109. – EDN FZRAGF.

## **THE EFFECT OF MINERALIZED SEDIMENTS ON PLANT SURVIVAL IN CASE OF PATHOGENIC AGGRESSION**

Kosygina (Sviridova) L.L.

*Federal State Budgetary Scientific Establishment the All-Russian Scientific Research  
Institute of a Phytopathology (VNIIF), Moscow region, Odintsovo district,  
Bolshye Vyazemy settlement, Russia, Larina67@bk.ru*

**Abstract:** The problem under consideration is the aggressive manifestation of pathogens on agricultural plants, which has to be combated with chemical protection products, which often affects the quality of the products produced. The search for alternative solutions to this problem is the main focus of our research, which considers the reflection of pathogenic aggression by strengthening the immune factors of the plant itself, i.e. by providing the plant with the necessary set of nutrients in an accessible form in the soil environment. The aim of the study is to identify the effect of soil composition on plant survival in an aggressive environment of pathogenic organisms.

**Key words:** soil composition, pathogenic load, winter wheat, meadow bluegrass, survival, plant immunity.

# ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННЫХ ИСТОЧНИКОВ ХЛОРА НА ЗАСОЛЕНИЕ ПОЧВЫ В РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВАХ ГОРОДСКОГО ОЗЕЛЕНЕНИЯ

Ларина Г.Е.

*Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии,  
Большие Вяземы, Россия, galina.larina@mail.ru*

**Аннотация:** Для сохранения декоративности и функциональности городских зеленых насаждений важна визуальная диагностика (фитопатология) фитоценозов и инструментальный контроль (мониторинг) распределения хлоридов по профилю почвы. Показано, что отрицательное значение дельты содержания хлоридов ( $\Delta$ ) между слоем 0–20 см и 20–50 см характеризует процессы естественного рассоления верхнего слоя почвы, под влиянием атмосферных осадков. Положительные значения  $\Delta$  указывают на необходимость дополнительного (искусственного) полива с целью формирования глубокого контура смачивания и миграции хлоридов вниз (вне корневой зоны растений). В среднем для оперативных расчетов применима норма полива равная 10 л на каждые 0,1 м на площадь 1 м<sup>2</sup>. Одновременно, для снижения рисков от антропогенных источников засоления почвы, необходимо снизить нормы применения минеральных хлорсодержащих удобрений (в т. ч. удобрений в составе которых имеется примесь хлорида натрия) и/или исключить их из системы работ по уходу за зелеными насаждениями.

**Ключевые слова:** почва, водорастворимые соли, хлор, мониторинг, миграция, вторичное засоление, удобрения, озеленение.

## ВВЕДЕНИЕ

Антропогенными источниками хлора являются хлорсодержащие удобрения (калийная соль и др.), пестициды (хлорокись меди) и противогололедные реагенты (песчано-галитная смесь). Применяемые минеральные удобрения в своем составе могут содержать хлорид натрия, в качестве примеси, например, в нитрате натрия 0,15–0,30% NaCl, а калимагнезии (сульфат калия-магния) – 0,15–0,30% NaCl. Фунгицид защитно-контактного действия – хлорокись меди (или ХОМ) на основе соединений неорганической меди, не содержит в своем составе NaCl, но состоит на 86,1% из оксихлорида меди. Техническая соль, применяемая как наиболее дешевое и эффективное средство в борьбе с оледенением (снижает силы сцепления льда с поверхностью дороги за счет образования рассола) содержит до 93% NaCl.

Избыточное соленакопление в почве создает условия непригодные для роста растений и проявляется следующими симптомами (фитопатология): солевой стресс (листья стареют, увядают, по краю формируется кайма ярко-рыжего или

желтого цвета) и водный стресс (потеря тургора, засыхание, гибель). Осмотическое давление корней растений возникает за счёт разницы осмотического давления в клетках корня равного 1–3 атм. и почвенного раствора ( $P_o$ ) 1–20 атм., с поправкой на концентрацию активных ионов. Величина  $P_o$  динамична, но при хлоридном засолении она выше, чем при сульфатном. При уровне содержания хлоридов до 0,2% растение испытывает стресс, по причине недоступности для растений воды, даже в ситуациях с большим запасом влаги в почве.

Выбор древесно-кустарниковых декоративных и плодово-ягодных пород для озеленения городских территорий, основан на районировании и устойчивости растений к техногенным выбросам и засолению. Негативное воздействие хлоридов усиливается при смешивании с другими веществами, например, на проезжей части с химическими компонентами, выделяемыми автомобильными покрышками; частицами антикоррозийного покрытия, которое наносится на дно машины; компонентами дорожного покрытия. Согласно Постановлению Правительства от 27.06.2025 № 743-ПП уровень «засоленности почвы хлоридами не должен превышать 70 мг/кг почвы (или 0,007%)». Фитотоксичность хлора для злаковых растений начинается с уровня 120 мг/кг, для древесных – 100 мг/кг и выше (Коновалов, Зарубина, 2017; Ларина, 2022).

Московская агломерация расположена в зоне гумидного климата с промывным водным режимом, но бесснежные зимы и потепление климата, вносят коррективы в миграцию элементов в почве, происходит аккумуляция в верхнем слое, где расположена основная масса корней растений. Принята средняя норма полива приствольного пространства дерева 30–50 л воды на 1 м<sup>2</sup>, газона – 5 л/м<sup>2</sup> в сутки. В случае превышения содержания ионов хлора выше 70 мг/кг следует организовать пролив с повышенной нормой 100–110 л/м<sup>2</sup> воды на супесчаных почвах и 120–160 л/м<sup>2</sup> на суглинистых. Кратность полива определяется концентрацией хлоридов: от 71 до 500 мг/кг – однократный, от 500 до 1000 мг/кг – двухкратный, от 1000 мг/кг и выше – трехкратный.

Цель нашего исследования – изучение хлоридного засоления почвы под влиянием погодных условий (количество осадков) и уходовых работ на озеленённых городских территориях.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве объектов наблюдений выбрали небольшие благоустроенные и озеленённые городские территории – скверы в Центральном административном округе г. Москвы. Изучали аккумуляцию хлора в слое почвы 0–20 см и 20–50 см (средняя высота корневого кома древесных пород): точка 1 (Т1) – сквер-фойе как часть территории у общественных зданий; точка 2 (Т2) – декоративный сквер как часть декоративного оформления улиц и транзитного движения пешеходов;

точка 3 (Т3) – сквер для тихого и кратковременного отдыха. В качестве фонового участка взята точка 3, где не применяли хлорсодержащие препараты, в системе ухода используют комплексные органоминеральные удобрения (гуматы+хелаты микроэлементов). Отсутствие густой дорожно-тропиночной сети и примыканий к пешеходным тротуарам у проезжей части, также исключает применение песчано-галитной смеси в зимний период.

Растительный ассортимент не отличался разнообразием, преобладали из древесных пород виды липы (*Tilia* sp.), берёза повислая (*Betula pendula*) и яблоня ягодная (*Malus baccata*). Образцы почвы отбирали с шагом 10–14 сут. методом конверта и готовили средние пробы. Определение иона хлорида проводили в почве согласно ГОСТ 26425-85 «Почвы. Методы определения иона хлорида в водной вытяжке». Фильтраты вытяжек готовили по ГОСТ 26423-85. Массив данных обрабатывали методами описательной статистики в «Пакете анализа» программы MS Excel 2023.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Хлориды отличаются высокой растворимостью в воде (за исключением хлорида свинца и меди) и отрицательной физической адсорбцией по отношению к почвенным частицам (т. е. отталкиваются от них). Остаточное содержание хлора может достигать в верхнем слое 10–20 мг/кг (Водяницкий, Макаров, 2017). Наши данные подтверждают эти результаты, так для фонового участка (Т3) в слое 0–20 см хлора было  $18,6 \pm 4,6$  мг/кг и 20–50 см –  $15,4 \pm 6,7$  мг/кг за период наблюдений, что ниже критического значения 70 мг/кг (табл. 1).

Таблица 1

### Содержания хлорида в разных слоях почвы (а – 0–20 см, б – 20–50 см) в точках наблюдений

Показатель	сквер-фойе		декоративный сквер		сквер для отдыха	
	а	б	а	б	а	б
X	170,50	139,50	363,67	588,83	18,46	15,46
SE	35,93	47,24	45,10	132,84	4,63	6,66
KV	21,07	33,87	12,40	22,56	25,07	43,06

*Примечание:* X – среднее значение, мг/кг; SE – стандартная ошибка, мг/кг; KV – коэффициент варьирования, %.

Закономерности распределения хлоридов по профилю почвы связаны с перемещением влаги. Период вымывания хлоридов из слоя 0–20 см в нижние горизонты колеблется от 15 до 70 сут. (Петров и др., 2019). Поэтому, если нет постоянного поступления хлорсодержащих веществ от антропогенных источников, то под влиянием атмосферных осадков, в почве происходят процессы рассоления

и перемещения хлорид-ионов вниз. Для Т2 наблюдалось именно такое распределение: содержание хлора в 0–20 см было  $363,7 \pm 45,1$  мг/кг и 20–50 см –  $588,8 \pm 132,8$  мг/кг за период наблюдений, что позволило сделать вывод об основном источнике загрязнения – это противогололедные реагенты в зимне-весенний период. В Т1 (сквер-фойе) ярко выражена аккумуляция хлорид-ионов в 0–20 см –  $170,5 \pm 35,9$  мг/кг, по сравнению со слоем 20–50 см –  $139,5 \pm 47,5$  мг/кг. Такое распределение возможно связано с поступлением хлорсодержащих соединений как в зимний период (песко-галитная смесь), так и в сезон активной вегетации (удобрения). Но, возможно и вторичное засоление, когда в периоды продолжительной засухи происходит поднятие грунтовых вод. Для понимания первопричины полученного результата изучили распределение осадков в период наблюдений (метеоданные из открытого источника – <https://meteoinfo.ru/>). Количество осадков возрастало с марта по июнь – от 3 мм до 126 мм, в июле-августе снижалось до 25–85 мм.

На комбинированном графике показана динамика различий в содержании хлорид-ионов между слоем 0–20 см и 20–50 см в вегетационном сезоне (дельта –  $\Delta$  в% относительно верхнего слоя, рис. 1).

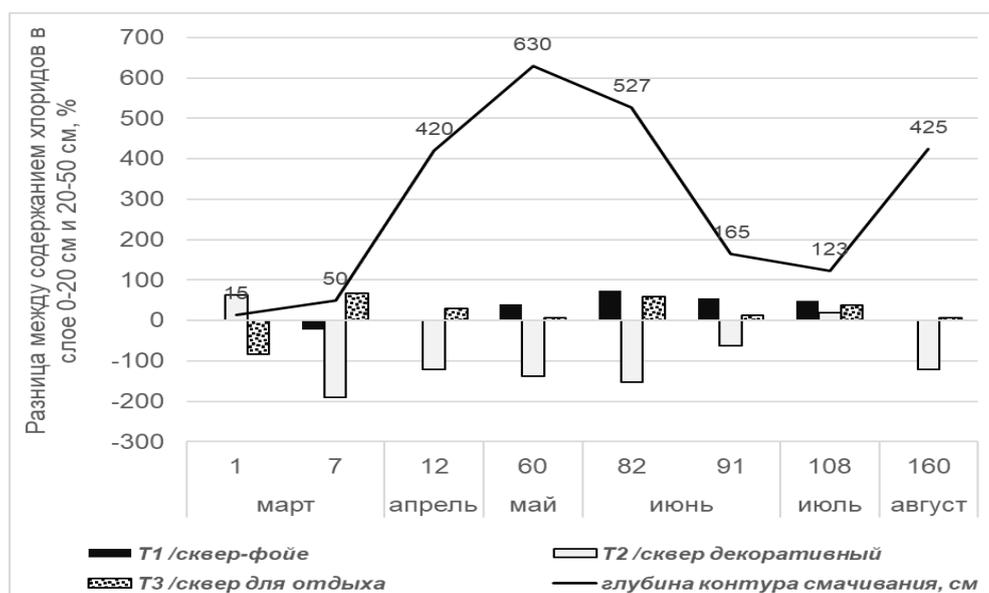


Рис. 1. Глубина контура смачивания с учетом атмосферных осадков и дельта содержания хлоридов в разных слоях почвы в период наблюдений (обозначения в тексте)

Для Т2 отрицательные значения  $\Delta$  (от – 190 до – 62%) подтвердили активную миграцию хлора сверху-вниз и совпали с обилием атмосферных осадков в период активной вегетации, которые формировали контур смачивания (без учета испаряемости) на глубине от 50 см до 630 см с марта по август. В июле в Т2 на 108 сут. зафиксирован положительный скачок  $\Delta$  равный 20%, что связано с де-

фицитом атмосферных осадков, когда за период 91–108 сут. выпало 8 мм. Подтверждает значимую обратную зависимость количества осадков и  $\Delta$  данные корреляционного анализа для T2 (коэффициент корреляции равен  $-0,55$ ,  $p = 0,01$ ). На примере декоративного сквера мы наглядно показали, что в почвах городского озеленения, где нет искусственного полива, хлорид-ионы вместе с капиллярной влагой мигрировали вверх (вторичное засоление). В критической ситуации, когда количество осадков менее  $0,5$  мм/сут., необходимы дополнительные поливы. В среднем для смачивания  $10$  см слоя суглинистой почвы требуется  $10$  л/м<sup>2</sup> воды (где  $1$  мм осадков соответствует  $1$  л/м<sup>2</sup>), через сутки контур смачивания достигнет глубины  $0,5$  м.

Засоление в приствольном пространстве растений формирует солевую корку, как результат коагуляции частиц, в составе которых содержится много хлорид-ионов и сопутствующего им кальция. Для T1 в марте не отмечено изменений в распределение хлорид-ионов ( $\Delta \sim 0$ ), что связано с плотной солевой коркой, которая препятствовала движению влаги, в отличие от T3, где начался процесс естественного рассоления ( $\Delta = -84\%$ ). Далее для T1 и T3 выявлена следующая зависимость: в апреле-июне ( $12-91$  сут.) определено увеличение содержания хлоридов в слое  $0-20$  см (положительная  $\Delta$ ), как результат проведения уходных работ службами городского благоустройства за зелеными насаждениями и внесения в почву хлорсодержащих веществ из антропогенных источников, таких как минеральные удобрения (калимагнезия).

Итак, существует проблема хлоридного засоления почвы в растительных сообществах городского озеленения, что формирует симптомы фитопатологии у растений. Необходим фитомониторинг распределения хлоридов по профилю почвы для регулирования системы удобрений (ассортимент, способ и норма применения) и технологии полива.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ (тема № FGGU-2025-0007).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коновалов В.Н., Зарубина Л.В. Влияние хлорсодержащих удобрений на метаболизм ели и сосны в северотаежных фитоценозах. Известия ВУЗов. Лесной журнал, 2017, № 3 (357).
2. Ларина Г.Е. О почве ... для сада, питомника, озеленения. Балашиха-Большие Вяземы, 2022. 37 с.
3. Водяницкий Ю.Н. Макаров М.И. Хлорорганические соединения и биогеохимический цикл хлора в почвах (обзор). Почвоведение, 2017, № 9, 1065–1073.

4. Петров В.Г., Ханнанов Д.А., Балицкий Я.А. Подвижность хлорид-ионов в дерново-подзолистой почве при загрязнении хлоридами щелочных металлов. Химическая физика и мезоскопия, 2019, № 2, 101–107.

## THE INFLUENCE OF ANTHROPOGENIC CHLORINE SOURCES ON SOIL SALINIZATION IN PLANT COMMUNITIES OF URBAN LANDSCAPING

Larina G.E.

*All-Russian Research Institute of Phytopathology,  
Bolshie Vyazemy, Russia, galina.larina@mail.ru*

**Abstract:** Visual diagnostics (phytopathology) of phytocenoses and instrumental control (monitoring) of the distribution of chlorides along the soil profile are important in order to preserve the decorative effect and functionality of urban green spaces. It is shown that the negative value of the delta of the chloride content ( $\Delta$ ) between the 0–20 cm and 20–50 cm layers characterizes the processes of natural salinization of the upper soil layer under the influence of atmospheric precipitation. Positive values of  $\Delta$  indicate the need for additional (artificial) watering in order to form a deep soaking contour and migration of chlorides downwards (outside the root zone of plants). On average, an irrigation rate of 10 liters per 0,1 m per 1 m<sup>2</sup> area is applicable for operational calculations. At the same time, in order to reduce the risks from anthropogenic sources of soil salinization, it is necessary to reduce the use of mineral chlorine-containing fertilizers (including fertilizers containing an admixture of sodium chloride) and/or exclude them from the system of care for green spaces.

**Key words:** soil, water-soluble salts, chlorine, monitoring, migration, secondary salinization, fertilizers, landscaping.

# ПРИМЕНЕНИЕ ОЦЕНКИ АНТИОКСИДАНТНОГО СТАТУСА ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ, КАК НОВЫЙ МЕТОД В СИСТЕМЕ ФИТОСАНИТАРНОГО МОНИТОРИНГА

Ларина Г.Е., Ковалева Е.С.

*Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии,  
Большие Вяземы, Россия, galina.larina@mail.ru, kovalevaeleena87@xmail.ru*

**Аннотация:** В серии опытов с видовыми и сортовыми растениями рода Клён (*Acer*), отличающимися цветом листвы, изучили в динамике содержание антиоксидантов, состав пигментного комплекса, рН сока, изменения электропроводности и аккумуляции в тканях листьев пары элементов «калий-кальций». Установлено, что видовые растения отличаются широкими диапазонами для приведенных параметров, быстрее стареют в июле-августе, в отличие от сортовых, которые характеризуются определённым набором декоративных характеристик и при правильном уходе (агротехника, удобрения и пр.) способны вегетировать более продолжительное время. Доказана тесная зависимость содержания антиоксидантов и концентрации кальция, и содержания каротиноидов, и концентрации калия в тканях листьев.

**Ключевые слова:** фитомониторинг, антиоксиданты, сорт, вид, клен, хлорофилл, каротиноиды, элементы питания, электропроводность.

## ВВЕДЕНИЕ

В условиях интенсификации современного садоводства и активного развития городского озеленения актуальны вопросы совершенствования методов фитосанитарного мониторинга [2]. Яркий симптом болезни растений – это изменение окраски листьев по причине нарушений в фотосинтезе (снижение содержания хлорофилла). Появление оттенков фиолетового и красного цветов (антоцианоз) связывают с влиянием погодных условий (резкие перепады дневных и ночных температур), дисбалансом питательных элементов, поражениями фитопатогенов (фитоплазма) и др. Общее пожелтение или обесцвечивание листьев (хлороз) как признак разрушения хлорофилла, по причине дефицита азота, железа и других элементов, заражение инфекционными болезнями и др. [1, 3]. Современные достижения селекции позволили получить сортовые растения с разной окраской листьев: от насыщенно-бордового до светло-зелёного и жёлто-оранжевого. В этой ситуации цвет листвы может вводить в заблуждение, т. к. оперативная и визуальная диагностика основана на изменениях внешних признаков, в т. ч. цвет (и пятна отмерших тканей) листовых пластин. Поэтому в качестве совершенствования методов фитосанитарного мониторинга мы развиваем приемы оценки антиоксидантного статуса растений, в частности, древесных, для которых важна их многолетняя функциональность и декоративность.

Цель нашей работы изучение изменений антиоксидантного статуса и пигментного комплекса у различных сортов клёна, отличающихся цветом листьев.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В период 2024-2025 гг. в весенне-летний сезон проводили отбор листьев клена (рис. 1). Растения отбирали из локаций со схожими почвенно-климатическими условиями и агротехникой, образец 1 – видовой клен остролистый обыкновенный (*Acer platanoides*) и сортовые: образец 2 – клен остролистый «Faassen's Black», образец 3 – клен остролистый «Royal Red», образец 4 – клен сахаристый «Pyramidale» (*Acer saccharinum*). В качестве сравнения образец 5 – клен остролистый из сада ВНИИФ (Московская область).

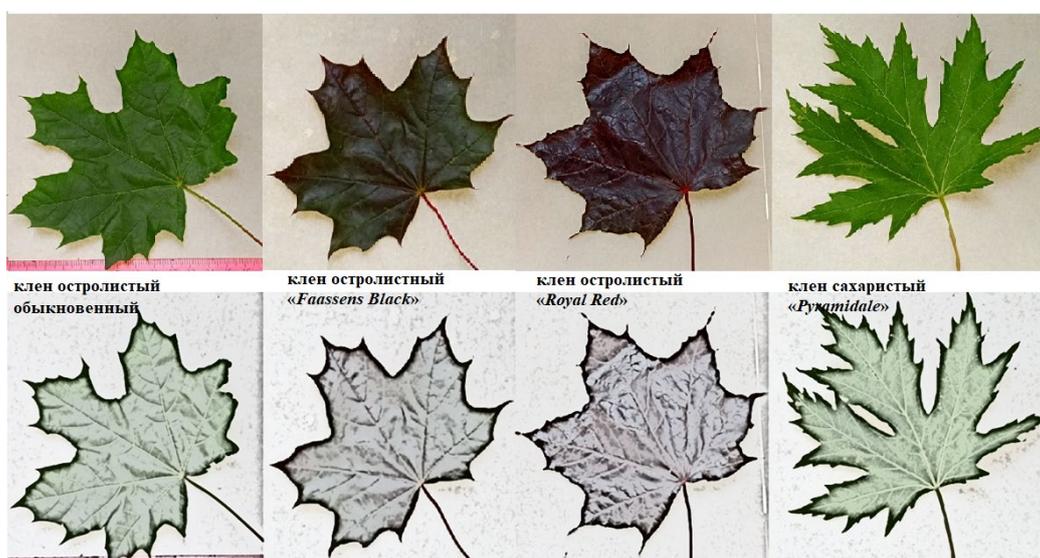


Рис. 1. Видовые и сортовые клены с разной окраской листьев, изучаемые в эксперименте

В средних пробах листьев (отбор с 10 растений) измеряли рН сока и электропроводность (Ес), антиоксидантную активности (АА), содержание хлорофиллов и каротиноидов. Подробное описание методов исследований и приборного обеспечения, приведено в нашей работе «Опыт оценки состояния растений с применением данных по антиоксидантной активности и цифровому цвету листьев, на примере клена остролистного ...» [4].

Научный анализ массива данных проведен с применением возможностей программного пакета MS Excel 2023.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Антиоксидантный статус связан с работой компартментов клеток, защитных и сигнальных функций растений. Поэтому мы оценивали содержание антиоксидан-

тов и изменения в составе пигментного комплекса (фотосинтез), которые изменяются в природе с учетом сезонности: в конце июля – начале августа отмечено увеличение АА в 10 и более раз (рис. 2). Установлена тесная зависимость уровня АА и концентрации кальция в клетках листьев клена остролистного (коэффициент корреляции –  $r = 0.99$ ,  $p = 0,01$ ), АА и содержания каротиноидов ( $r = 0.78$ ,  $p = 0,01$ ), а также обратная зависимость с концентрацией калия ( $r = -0.82$ ,  $p = 0,01$ ). Действительно, в определённые фазы в стареющих клетках растений накапливается оксалат кальция, в отличие от калия, который перемещается в молодые растущие органы из стареющих частей растений. Отмечены и другие изменения с мая по август: рН клеточного сока возрастало от 4,88 до 5,92, Ес уменьшалась от 2,00 до 0,65 мкСм/см, что подтверждает общее старение растений, не фиксируемое методом визуальной диагностики (нет изменений цвета листьев).

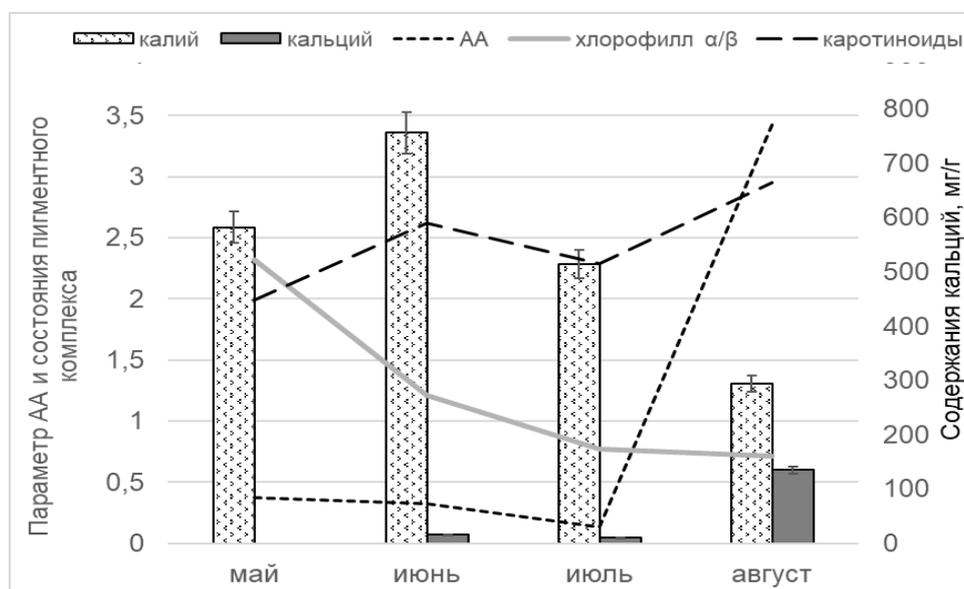


Рис. 2. Динамика содержания в листьях клена остролистного антиоксидантов, хлорофилла, каротиноидов и элементов питания

Параметры пигментного комплекса листового аппарата характеризуют функциональность растений: по содержанию хлорофилла (характеристика фотосинтетического потенциала растения) и каротиноидов (потенциал устойчивости листьев к стрессу). В естественных условиях соотношение хлорофиллов равно 3:1 (хлорофилл-α / хлорофилл-β). Наиболее близкое к оптимальному значению α / β было у сортового клена остролистного «Royal Red», а минимальные у видового клена остролистного – 0,77 в саду и 1,31 в питомнике (табл. 1). Отметим, что разноцветность листвы у сортовых кленов отразилась в повышенном содержании каротиноидов 0,11–0,13 мг/г, по сравнению с данным показателем у клена остролистного 0,001 мг/г в саду и 0,07 мг/г питомнике. Интересно, что у сортов

клена остролистного с пурпурно-фиолетовой и тёмно-красной листвой содержание каротиноидов было выше на 36%, а содержание хлорофилла  $\alpha$ , наоборот было ниже на 38%, чем у видового клена остролистного с зеленой листвой. Установлены значимые различия между результатами для клена остролистного и клена сахаристого, у которого в условиях засушливого стресса активируются антиоксидантные механизмы, что подтвердило максимально высокое значение АА – 28,82 мкг/г · 10<sup>3</sup>.

В отличие от сада, где уровень АА равен 0,13 мкг/г · 10<sup>3</sup>, в питомнике для всех растений клена определены высокие значения антиоксидантного статуса – 2,62–28,82 мкг/г · 10<sup>3</sup>, что характеризуется проявлением повышенной устойчивости к стрессу, благодаря применению удобрений и средств защиты. Этот вывод подтверждают данные корреляционного анализа, определена высокая прямая зависимость АА и содержания хлорофилла  $\beta$  ( $r = 0.65$ ,  $p = 0,01$ ), АА и содержание каротиноидов  $\gamma$  ( $r = 0.71$ ,  $p = 0,01$ ).

Таблица 1

**Данные фотосинтетического потенциала растений клена**

Вариант	Показатель	Содержание хлорофилла $\alpha$ , мг/г	Содержание хлорофилла $\beta$ , мг/г	Содержание каротиноидов $\gamma$ , мг/г	$\alpha / \beta$	АА, мкг/г × 10 <sup>3</sup>
1	X	1,36	1,03	0,07	1,31	2,626
	SE	0,001	0,001	0,00		
	KV	0,30	0,29	1,53		
2	X	0,98	0,69	0,11	1,47	3,044
	SE	0,001	0,01	0,00		
	KV	0,20	0,80	0,58		
3	X	0,70	0,33	0,11	2,15	4,045
	SE	0,01	0,001	0,00		
	KV	0,74	1,14	0,56		
4	X	0,72	0,38	0,13	1,99	28,82
	SE	0,01	0,001	0,00		
	KV	0,98	1,32	0,70		
5	X	0,99	1,29	0,001	0,77	0,130
	SE	0,00	0,001	–		
	KV	0,15	0,14	–		

*Примечание:* X -среднее значение; SE – стандартная ошибка; KV – коэффициент варьирования.

Сравнительный анализ ряда других параметров по данным июля (середина вегетации, зеленые листья не изменили краску) показал, что рН сока в сортовых кленах был ниже (5,05–5,24), чем у видового клена остролистного (5,51–5,74);

величина  $E_s$  равнялась 0,23–0,31 мкСм/см и 0,12–0,54 мкСм/см соответственно; содержание калия – 71–196 мг/г и 162–514 мг/г соответственно; содержание кальция – 3,5–5,9 мг/г и 5,3–9,8 мг/г соответственно. Полученные результаты демонстрируют, что видовые растения отличаются широкими диапазонами для приведенных параметров, быстрее стареют в июле-августе, в отличие от сортовых, которые характеризуются определённым набором декоративных характеристик и при правильном уходе (своевременная агротехника, применение удобрений и средств защиты) способны вегетировать более продолжительное время.

Итак, считаем, что применение антиоксидантного статуса растений перспективно в качестве нового метода в фитомониторинге древесных пород для оперативной оценки снижения их устойчивости к фитопатогенным факторам разной природы. Установлены видовые и сортовые различия на примере клена остролистного и клена сахаристого по содержанию антиоксидантов, составу пигментного комплекса, рН сока, электропроводности и аккумуляции в паре калий-кальций.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ (тема № FGGU-2025-0007). Исследования сделаны на приборной базе отдела патологии декоративных и садовых культур и Центра коллективного пользования научным оборудованием ФГБНУ ВНИИФ.

Благодарность руководству питомника растений «Сады Бэллы» (Московская область, Бронницы) за возможность сбора материалов разных сортов и видов клена.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ермохин Ю.И. Основы прикладной агрохимии. Омск: Вариант-Сибирь, 2004, 120 с.
2. Бондарева Е.В., Серая Л.Г., Ларина Г.Е. Исследование почвенного биома молодого яблоневого сада интенсивного типа. Агрохимия, 2023, 5, 45–52.
3. Серая Л.Г., Ларина Г.Е. Комплексный фитомониторинг древесных растений на объектах озеленения и в питомниках. В сборнике: Мониторинг и биологические методы контроля вредителей и патогенов древесных растений: от теории к практике. Красноярск: Институт леса СО РАН, 2019, 153–154.
4. Ларина Г.Е., Колесникова О.А., Ковалева Е.С. Опыт оценки состояния растений с применением данных по антиоксидантной активности и цифровому цвету листьев, на примере клена остролистного (*Acer platanoides* L.) в условиях Московской агломерации. М.: ФГБНУ ВИЛАР, 2025, 54–62.

# APPLICATION OF THE ASSESSMENT OF THE ANTIOXIDANT STATUS OF WOODY PLANTS AS A NEW METHOD IN THE SYSTEM OF PHYTOSANITARY MONITORING

Larina G.E., Kovaleva E.S.

*All-Russian Research Institute of Phytopathology, Bolshie Vyazemy,  
Russia, galina.larina@mail.ru, kovalevaelena87@xmail.ru*

**Abstract:** In a series of experiments with species and varietal plants of the genus Maple (*Acer*), differing in foliage color, the dynamics of the antioxidant content, the composition of the pigment complex, the pH of the juice, changes in electrical conductivity and accumulation in the tissues of the leaves of a pair of elements «potassium-calcium» were studied. It has been established that specific plants have wide ranges for these parameters, age faster in July-August, unlike varietal plants, which are characterized by a certain set of decorative characteristics and, with proper care (agrotechnics, fertilizers, etc.), are able to vegetate for a longer time. The close dependence of the antioxidant content and the concentration of calcium, and the content of carotenoids, and the concentration of potassium in the tissues of the leaves has been proven.

**Key words:** phytomonitoring, antioxidants, variety, species, maple, chlorophyll, carotenoids, batteries, electrical conductivity.

# РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ БОЛЕЗНЕЙ ПЕРВОЦВЕТОВ НА ОБЪЕКТАХ ОЗЕЛЕНЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ИНТРОДУКЦИИ

Макаров С.В., Макарова Л.А.

*Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии,  
Большие Вяземы, Россия, phytocent@bk.ru*

**Аннотация:** На объектах озеленения населённых пунктов первоцветам уделяется особое место в формировании весеннего цветочного колера. Интродукция как новых, так и традиционных культур разных сортов способствует распространению ряда грибных болезней в зелёных зонах. Это связано с применением для высадки заражённого посадочного материала в результате нарушения технологий хранения и транспортировки, высокой плотностью посадки, благоприятными условиями развития инфекции в весенний период. Исследования проведены на опытных участках в Волгоградской (Сад Добринский Урюпинского района) и Московской областях (Опытное хозяйство ВНИИФ) в 2020–2024 годах. Наибольшая распространённость (до 32,58%) отмечена у грибов космополитов *Fusarium oxisporum*, *Botrytis cinerea*, *Penicillium expansum*. Установлено, что после поражения растений происходит снижение веса луковиц практически в два раза (на 82,54–84,92%), что ухудшает качество посадочного материала в дальнейшем и является источником распространения инфекции на других декоративных культурах.

**Ключевые слова:** луковичные культуры, грибные болезни, распространённость, развитие, объекты озеленения.

## ВВЕДЕНИЕ

Первоцветы широко используют в цветочных композициях на объектах озеленения. Они обладают рядом преимуществ, зацветая в ранние весенние сроки. Являясь многолетниками, используются повторно после приобретения посадочного материала в течение 3–4 лет и более. Селекционным путём достигнуто значительное разнообразие форм и сортов таких культур, как тюльпаны, нарциссы, гиацинты, сцилла, крокусы и др. Однако, селекция проводится преимущественно на декоративные достоинства цветов и длительность цветения. Устойчивость к болезням у первоцветов является вторичным качеством и не всегда селекционные достижения обладают иммунитетом. Для производителей выгодно ежегодное обновление посадочного материала. Исследованиям и анализу его качества, колонизации луковиц и клубнелуковиц патогенными грибами уделяется недостаточно внимания. Вместе с тем, это может приводить к гибели растений уже в первый год роста. Исследования распространённости болезней этой группы растений с целью разработки мер по повышению качества посадочного материала представляет актуальность.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве объектов исследований были выбраны растения пролески сибирской (*Scilla sibirica*), как аборигенного вида, широко используемого на объектах озеленения разного функционального назначения. Полевые опыты проведены в условиях степной зоны Волгоградской области (хозяйство Добринский сад Урюпинского района) и южно-таёжной лесной зоны Московской области (опытное хозяйство ФГБНУ ВНИИФ) в 2021–2024 годах. Также выполнены наблюдения в природных популяциях сциллы в тех же регионах.

Целью исследований являлось выявление патогенных грибов поражающих растения, их распространённость, негативное влияние на рост и декоративные качества.

На первом этапе работы обследовали посадочный материал на предмет поражения микозами и выявляли долю больных луковиц. На втором этапе высаживали растения на опытные участки и проводили наблюдения за развитием инфицированных грибами растений. Диагностику патогенных грибов выполняли на лабораторной базе ФГБНУ ВНИИФ путём посева на твёрдые питательные среды, культивирования и микроскопического анализа по общепринятым методикам с использованием справочников и определителей.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Исследования показали, что стандартный посадочный материал луковиц сибирской пролески, реализуемый в торговых сетях и соответствующий по документам ГОСТ 28849-90 Луковицы и клубнелуковицы цветочных культур. Технические условия, имеет поражения болезнями. Требования стандарта содержат только размеры луковиц и не учитывают распространённость болезней. Это привело к ситуации, когда в торговые сети и на объекты озеленения попадают партии заражённых растений, тем самым, провоцируя дальнейшее распространение инфекции. Сравнительный анализ поражения микозами растений в природных популяциях и культуре выявил, значительную распространённость (рисунок 1).

Установлено, что в природных популяциях доля здоровых растений была наиболее высокой (42,4%). На опытных участках распространённость болезней достигала 83,6%, а в среднем была 32,6%.

Исследования показали, что сокращение длины листьев, обусловленное развитием грибных болезней, влечет за собой уменьшение общей листовой поверхности. Максимальное снижение листовой площади зафиксировано у растений с поражением луковиц, превышающим 25% от общей площади (II категория поражения). В таких случаях площадь листьев на одном растении сокращается в 3,8–4,2 раза. У растений, относящихся к IV–V категориям поражения,

наблюдается еще более выраженное уменьшение листовой поверхности, что коррелирует с пропорциональным укорочением листовых пластинок. Воздействие пенициллёза на листовую площадь проявляется уже на начальных этапах формирования листьев, делая их не только короче, но и уже.

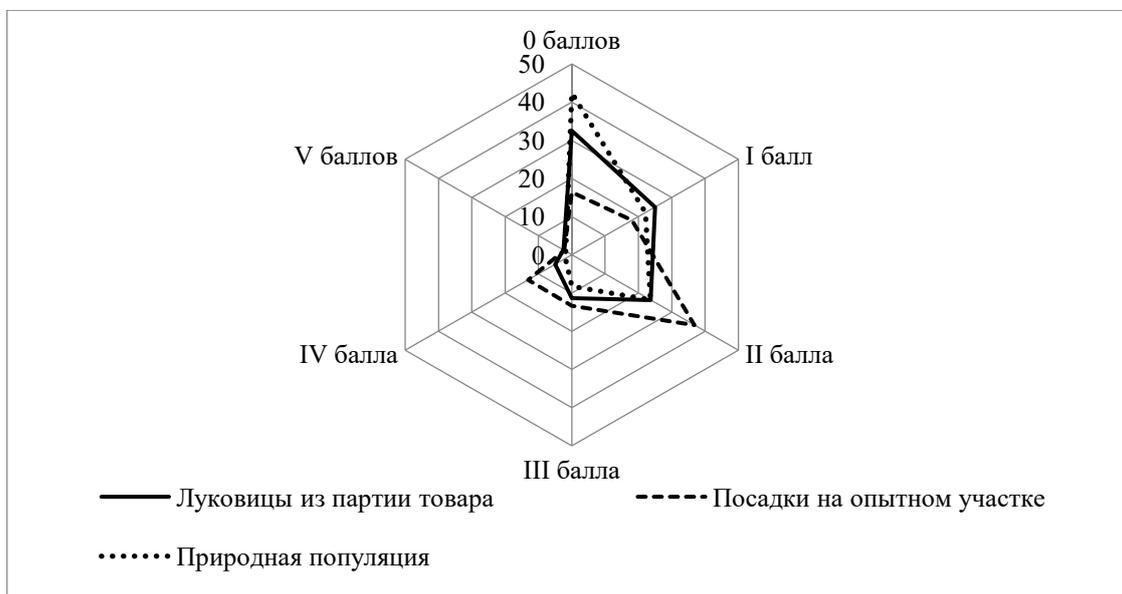


Рис. 1. Распространённость грибных болезней у сциллы сибирской на объектах озеленения и в природных популяциях

Лабораторная диагностика возбудителей грибных болезней выявила состав патогенной микофлоры. Наибольшая распространённость отмечена у грибов космополитов *Fusarium oxisporum*, *Botrytis cinerea*, *Penicillium expansum*. Поражение луковиц пролески грибом *Penicillium* приводит к существенной потере их массы (до 85%), делая их непригодными для дальнейшей посадки. Главная опасность заключается в том, что зараженные луковицы и споры, распространяющиеся с листьев и цветков, становятся источником пенициллёзной гнили, поражающей не только другие луковичные, но и плодовые культуры. Несмотря на очевидную угрозу, вредоносность этого грибка для пролески изучена недостаточно, что приводит к недооценке проблемы.

Выявлена тесная связь между температурным режимом вегетационного сезона и распространённостью грибных болезней луковичных культур. Коэффициенты корреляции между этими показателями на объектах полевых наблюдений в Московской области составили в 2021 году  $r = 0,87$ , а в 2022 году  $r = 0,92$ . В волгоградской области получены соответствующие значения  $r = 0,94$  и  $r = 0,95$ .

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследованиями установлено значительное распространение грибных болезней луковичных культур на объектах озеленения значительно больше по сравнению с природными популяциями. Выявлено негативное влияние грибов космополитов на рост и состояние луковиц. После поражения листья уменьшаются в размерах, снижается интенсивность цветения и репродуктивная функция в целом. Установлены тесные связи между распространённостью болезней и температурным режимом в период роста, что может быть связано с климатическими изменениями в весенний период.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Санин С.С. Защита растений и устойчивое земледелие в XXI столетии // Защита и карантин растений. 2020. № 4. С. 9–16.
2. Ivanova N.V. Methodological aspect of landscape and ecological reconstruction of Green ring around Volgograd (Stalingrad) / N.V. Ivanova, I.Y. Podkovyrov, V.K. Sagomonyan // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2019. – 687 (5). – URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/687/5/055037/pdf> (10.12.2020).
3. Ларина Г.Е., Серая Л.Г. Влияние фитосанитарного состояния торфяных питательных субстратов на состав микробного ценоза в ризосфере декоративных растений в городских насаждениях // Материалы международной научно-практической конференции «Защита и карантин леса» 21–22 марта 2024 г. // «Фитосанитария. Карантин растений», Спецвыпуск, март No 1 S (18) 2024, С. 45–46.
4. Серая Л.Г., Ларина Г.Е. Опыт фитомониторинга микозов коллекционных декоративных и лекарственных растений // Материалы 4-ого Российского Микробиологического Конгресса, 24 – 29 сентября 2023 г., г. Томск, с. 166–167.
5. Гниненко Ю.И., Серая Л.Г. На повестке дня -защита городских насаждений от вредных организмов / Ю.И. Гниненко, Л.Г. Серая // Защита и карантин растений. 2023. № 4. С. 47–48.

## PREVALENCE OF DISEASES OF PRIMROSE ON GREENING FACILITIES IN CONDITIONS OF INTRODUCTION

Makarov S.V., Makarova L.A.

*All-Russian Research Institute for Phytophthora Pathology,  
Bolshie Vyazemy, Russia, phytocent@bk.ru*

**Abstract:** In urban greening projects, primroses play a special role in creating a springtime floral palette. The introduction of both new and traditional varieties contributes to the spread of fungal diseases in green spaces. This is due to the use of infected planting material, which is a result of improper storage and transportation practices, as well as high planting densities and favorable conditions for the development of infections during the spring season. The studies were conducted on experimental plots in the Volgograd Region (Dobrinsky Garden, Uryupinsky District) and the Moscow Region (Experimental Farm of the All-Russian Research Institute of Phytopathology) in 2020–2024. The most widespread (up to 32.58%) were cosmopolitan fungi *Fusarium oxisporum*, *Botrytis cinerea*, *Penicillium expansum*. It has been established that after the plants are affected, the weight of the bulbs decreases by almost two times (by 82.54–84.92%), which reduces the quality of the planting material and is a source of infection for other plants.

**Key words:** bulbous crops, fungal diseases, prevalence, development, and landscaping objects.

# ИЗУЧЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ *AEGILOPS L.* ПРОИЗРАСТАЮЩИХ В РАЗЛИЧНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ЗОНАХ ТАДЖИКИСТАНА

Мамадюсуфова М.Г.<sup>1</sup>, Зуева Ю.В.<sup>2</sup>, Демин Д.В.<sup>2</sup>, Феоктистов М.К.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Институт ботаники, физиологии и генетики растений,  
АН Республики Таджикистан,*

<sup>2</sup>*Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии,  
Большие Вяземы, Россия*

**Аннотация:** Стратегия современной селекции направлена на создание сортов и гибридов сельскохозяйственных культур, сочетающих высокую продуктивность и качество урожая с повышенной адаптивностью к неблагоприятным условиям среды. Успех селекционной работы во многом зависит от наличия исходного материала для селекции, а также от эффективных методов их оценки и знания физиолого-биохимических механизмов, определяющих качество урожая и устойчивость к стрессовым факторам различной природы (Raveena et al., 2019, Yadav et al., 2016).

Уровень устойчивости растений к абиотическим стрессам обуславливается многими физиолого-биохимическими процессами, поддерживающими сохранение жизнеспособности и приводящими к перестройке метаболизма растений в стрессовых условиях (Yadav et al., 2021).

Крахмал является одним из универсальных запасных углеводов растений и играет важную роль в их метаболизме. Синтез и распад крахмала имеет непосредственную связь с восстановительным пентозофосфатным циклом Кальвина при фотосинтезе и процессом темнового дыхания. В связи с этим скорость синтеза и распада крахмала в зависимости от физиологического состояния растения может служить одним из критериев устойчивости к воздействию стрессовых факторов. В частности, показано, что при высокотемпературном стрессе, водном дефиците, атмосферной засухе активность многих гидролитических ферментов цитоплазмы резко возрастает, в результате чего происходит распад белков, нуклеиновых кислот и некоторых полисахаридов.

**Ключевые слова:** виды *Aegilops L.*, крахмал, содержания крахмала в зерне, экологические зоны Таджикистана.

В связи с этим следует изучать наиболее ценные и важные показатели качества зерна, определять диапазон их изменчивости в зависимости от генотипа и природно – климатических условий мест произрастания или выращивания. Так, у дикорастущих сородичей пшеницы отмечаются большие различия по белковости зерна (Mehran Falaknaz 2025).

Исходя из этого, была поставлена цель – определить диапазон изменчивости важных компонентов качества зерна – содержания крахмала и белка у некоторых перспективных представителей дикорастущих сородичей пшеницы в зависимости от генотипических и видовых особенностей, а в случае с эгилопсом и природно –

климатических факторов в зависимости от мест сбора образцов. Для характеристики долевых соотношений этих главных компонентов зерна, использовали два показателя, которые позволяют выявить ценные генотипы эгилопса для дальнейшего их привлечения в селекционные программы, что и явилось целью данного исследования.

Биохимический состав видов *Aegilops* L. изучен недостаточно. Отсюда вызывает большой научный интерес изучение некоторых видов эгилопса, собранных в различных экологических зонах Таджикистана.

Полученные результаты показали, что у всех изученных четырёх образцов эгилопса, содержание крахмала в зерне варьировало в пределах 20,2% (у *Ae. tauschii*, произрастающего в условиях Эсанбайского района), до 25,7% (у *Ae. triuncialis*, прорастающего в условиях Файзабадского района) при среднем значении 23,3%.

Анализ сравнительного содержания крахмала в зерне у видов эгилопса выявил, что наибольшая величина данного показателя характерна для видов *Ae. triuncialis*, произрастающего в условиях Файзабадского района. Эти результаты показывают, что условия Файзабадского района оказалось более благоприятными для биосинтеза и накопления крахмала в зерне видов рода *Aegilops* L. Содержание крахмала в зерне у дикорастущих видов, собранных в Эсанбае, Рудакинский район было заметно ниже.

По содержанию белка в зерне дикорастущие виды имели большие пределы изменчивости – от 24,0 до 34,5%.

Относительно низкое значение данного показателя установлено у образца *Ae. tauschii* и *Ae. cylindrica*, произрастающего в условиях Файзабадского района (24,0–25,2%), а наибольшее – у *Ae. triuncialis*, произрастающего в условиях Эсанбая (34,5%).

Интересно отметить, что у изученных видов эгилопса по уровню накопления основных компонентов зерна (крахмала и белка) по сравнению с изученными сортами пшеницы наблюдалась противоположная картина. У видов эгилопса во всех случаях содержание белка в зерне было больше, чем содержание крахмала.

Установлено, что высокое содержание белка в зерне сопряжено с высоким содержанием растворимого белка в листьях (Якубинец, Покровская, 1971). Исследователи Khan, Tsunoda (1973) и Natr (1970) обнаружили, что существует устойчивая положительная корреляция между интенсивностью фотосинтеза и содержанием белка в листьях пшеницы. Другие авторы (Конарев 1980) считают, что в случае, когда белковость зерна повышается в неблагоприятных условиях выращивания, приводящих к торможению роста и снижению урожая (например, в засушливых условиях), наблюдается обратная зависимость между урожаем зерна и содержанием белка в нем.

**Содержание белка и крахмала у видов эгилопсов**

Условия прорастания	Объекты исследования	Содержание крахмала, %	Содержание белка, %	Соотношение содержания крахмала и белка	Соотношение содержания белка и крахмала
Файзабад	<i>Ae. triuncialis</i>	25,8±0,86	27,0±0,79	0,95	0,90
	<i>Ae. cylindrica</i>	23,2±0,80	25,2±0,76	0,91	1,09
	<i>Ae. tauschii</i>	22,9±0,72	24,0±0,63	0,94	1,05
	<i>Ae. crassa</i>	24,3±0,59	26,7±0,72	0,91	1,09
Эсанбай	<i>Ae. triuncialis</i>	20,6±0,56	34,5±0,57	0,59	1,67
	<i>Ae. cylindrica</i>	22,4±0,64	32,3±1,7	0,68	1,46
	<i>Ae. tauschii</i>	20,2±0,36	29,2±0,76	0,69	1,44
	<i>Ae. crassa</i>	23,4±0,29	31,2±2,3	0,75	1,32
Гиссар	<i>Ae. triuncialis</i>	24,7±0,15	30,0±1,3	0,82	1,21
	<i>Ae. cylindrica</i>	23,9±0,18	26,3±0,46	0,90	1,10
	<i>Ae. tauschii</i>	24,9±0,86	28,7±0,87	0,85	1,16
	<i>Ae. crassa</i>	24,7±0,18	26,6±0,77	0,91	1,09

В этих условиях повышение содержания белка в зерне является результатом не усиления его синтеза, а торможения отложения крахмала в зерне, что и повышает относительное содержание белка в зерне. В таких случаях использование показателя «отношение содержания крахмала к содержанию белка в зерне» более ясно отражает такую специфику метаболических процессов в растении.

Как видно из (табл. 1), у изученных образцов эгилопс в зависимости от вертикальной зональности данный показатель варьировал от 0,59 (у *Ae. triuncialis*, произрастающего в условиях Эсанбая) до 0,95 и 0,94 у *Ae. triuncialis* и *Ae. tauschii*, произрастающих в условиях Файзабадского района, соответственно. В целом, по данному показателю наибольший диапазон изменчивости у изученных образцов выявлен у образцов, произрастающих в условиях Эсанбая (от 0,59 до 0,75) а наименьший в условиях Файзабадского (0,91–0,95) и Гиссарского районов (0,82–0,91).

На основании полученных данных был рассчитан коэффициент соотношения крахмала и белка, определена степень белковости и крахмалистости образцов, а главное, выявлена степень пропорциональности накопления этих запасных веществ в зависимости от генотипа и условий выращивания.

Таким образом, изучение содержания крахмала, белка и соотношение их содержания в зерне различных видов эгилопс выявили неоднозначное в проявление

этих показателей в зависимости от видового состава растений и условий. Показано, что экологические условия мест произрастания, наряду с генетическими особенностями каждого вида, оказывают влияние на биосинтез и уровень накопления главных компонентов зерна. При этом некоторые отдельные образцы эгилопс по содержанию белка в зерне сильно отличаются и могут быть использованы в селекционном процессе как доноры по показателю высокой белковости зерна.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Raveena, Bharti R., Chaudhary N. Drought resistance in wheat (*Triticum aestivum* L.): a review // *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.* 2019. V. 8. P. 1780–1792.
2. Yadav S., Sharma K.D. Molecular and morphophysiological analysis of drought stress in plants // *Plant growth. Ch. 10* / Ed. E.C. Rigobelo. 2016. <https://doi.org/10.5772/65246>.
3. Yadav B., Jogawat A., Rahman M.S. et al. Secondary metabolites in the drought stress tolerance of crop plants: a review // *Gene Repts.* 2021. V. 23. <https://doi.org/10.1016/j.genrep.2021.101040>.
4. Ling H.Q., Qiu J., Singh R.P., Keller B. (2004) Identification and genetic characterization of an *Aegilops tauschii* ortholog of the wheat leaf rust disease resistance gene *Lr1*. *Theor Appl Genet* 109: 1133–1138.
5. Ling H.Q., Qiu J., Singh R.P., Keller B. (2004) Identification and genetic characterization of an *Aegilops tauschii* ortholog of the wheat leaf rust disease resistance gene *Lr1*. *Theor Appl Genet* 109: 1133–1138.
6. Mehran Falaknaz, Ali Aalami, Ali Ashraf Mehrabi, Danial Kahrizi & Atefeh Sabouri Genetic association analysis of grain yield-related traits in *Aegilops tauschii* under drought and non-stress conditions *Scientific Reports* volume 15, Article number: 37433 (2025) DOI: 10.1038/s41598-025-21374-y.

#### STUDY OF SOME SPECIES OF AEGILOPS L. NATIVE TO VARIOUS ECOLOGICAL ZONES OF TAJIKISTAN

Mamadyusufova M.G.<sup>1</sup>, Zueva Yu.V.<sup>2</sup>, Demin D.V.<sup>2</sup>, Feoktistov M.K.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Institute of Botany, Plant Physiology and Genetics,  
Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan*

<sup>2</sup> *All-Russian Research Institute of Phytopathology, Bolshie Vyazemy, Russia*

**Abstract:** The strategy of modern breeding is aimed at creating varieties and hybrids of crops that combine high productivity and crop quality with increased adaptability to adverse environmental conditions. The success of breeding work largely depends on the availability of the source material for breeding, as well as on effective methods of their assessment and knowledge of the physiological

and biochemical mechanisms that determine crop quality and resistance to stress factors of various nature (Raveena et al., 2019, Yadav et al., 2016).

The level of plant resistance to abiotic stress is determined by many physiological and biochemical processes that support the preservation of viability and lead to a restructuring of plant metabolism under stressful conditions (Yadav et al., 2021).

Starch is one of the universal reserve carbohydrates of plants and plays an important role in their metabolism. The synthesis and decomposition of starch is directly related to the reducing pentose phosphate cycle of Calvin during photosynthesis and the process of dark respiration. In this regard, the rate of starch synthesis and decomposition, depending on the physiological state of the plant, can serve as one of the criteria for resistance to stress factors. In particular, it has been shown that under high-temperature stress, water deficiency, and atmospheric drought, the activity of many hydrolytic enzymes of the cytoplasm increases dramatically, resulting in the breakdown of proteins, nucleic acids, and some polysaccharides.

**Key words:** species of *Aegilops* L., starch, starch content in grain, ecological zones of Tajikistan.

# ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ СПОРООБРАЗЦОВ ВОЗБУДИТЕЛЯ БУРОЙ РЖАВЧИНЫ ПШЕНИЦЫ ОМСКОЙ ОБЛАСТИ ПОПУЛЯЦИИ 2024 ГОДА

Мешкова Л.В., Сабаева О.Б., Шестопалова С.Н.

*Омский аграрный научный центр, г. Омск, Россия,  
e-mail: meshkova\_lv@mail.ru*

**Аннотация:** Бурая ржавчина распространённое листовое заболевание на посевах пшеницы в Омской области. Спорообразцы патогена были собраны на пшенице и пырее в период их максимального поражения. Мониторинг спорообразцов проведен с помощью метода отсечённых листьев в светокультуре на наборе изогенных линий и сортов с генетически детерминированной устойчивостью, с использованием камеры искусственного климата Биотрон – 8, при температуре 19–20 °С и 16 часовом освещении, с интенсивностью до 8 тыс. люкс. Реакцию растения-хозяина на внедрение патогена определяли на 8-10 день по международной шкале, согласно которой 0, 1, 2 – устойчивость (R), 3 и 4 – восприимчивость (S), X – гетерогенность. Установлено, что большинство линий используемого набора, независимо от спорообразца растения-хозяина, проявило восприимчивость ко всем изученным изолятам, частичную устойчивость показали Lr 2a, Lr 2v, Lr 24, Lr 26, Lr 45 и Lr 57, а линии с генами Lr 9, Lr 19 и Lr 28 не поразились. Отмечена более высокая вирулентность патогена с пырея ползучего. Во всех спорообразцах выявлен фенотип ТКТТ с формулой вирулентности 9/S. Показано сходство и отличие протестированных спорообразцов.

**Ключевые слова:** бурая ржавчина, вирулентность, пшеница, пырей, изогенные линии.

## ВВЕДЕНИЕ

Бурая ржавчина пшеницы (*Puccinia tritici* Erikss), несмотря на определённые успехи при создании устойчивых сортов в Омском АНЦ и ОмГАУ, отдельные из них имеют две транслокации (Омская 37, Омская 38, Омская 44), другие защищены геном устойчивости Lr 26 от ржи (Мелодия, Геракл, Уралосибирская 2, Сигма, Элемент 22, ОмГАУ 100 и др.), а сорт Дуэт защищён геном Lr 9 от *Aegilops umbellulata* Zhuk., она по-прежнему является основным экономически значимым листовым заболеванием на посевах пшеницы и в Омской области [Белан и др., 2012; Шаманин и др., 2023; Фисенко и др., 2023; Обзор, 2025].

Известно, что наиболее универсальный способ снизить потери пшеницы от грибковых заболеваний без отрицательного влияния на агроценоз, это выращивание устойчивых сортов.

Создание подобных сортов включает мониторинг вирулентности возбудителя заболевания в конкретных зонах дальнейшего их выращивания. На необходимость анализа структуры популяций патогенов указывал Н.И. Вавилов, ещё в 1940 году, выступая на заседании Биологического отделения Академии наук

СССР. Он отметил, что «Селектируя сорт на иммунитет, селекционер должен учитывать возможности изменения расового состава паразитов, которое в значительной мере зависит от изменения условий погоды и привнесения новых вирулентных рас» [Вавилов, 1966].

Кроме этого, следует учитывать, что на структуру популяции гриба оказывает влияние и генотип выращиваемого сорта [Макаров и др., 2003; Мешкова и др., 2012; Плотникова и др., 2018; Мешкова и др., 2021].

Цель нашего исследования – определить структуру популяции возбудителя бурой ржавчины пшеницы в Омской области в период её максимального проявления на сортах мягкой пшенице и пырее ползучем.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Инфекционный материал возбудителя бурой ржавчины в 2024 году собирали в период максимального проявления заболевания на посевах пшеницы в зоне южной лесостепи Омской области с восприимчивых среднеранних сортов Омская 36 и Памяти Азиева и с пырея ползучего (*Elytrigia répens*), произрастающего на границе поля и лесополосы. Хранили собранный материал в бумажных пакетах в холодильнике при температуре +5 °С.

Возобновляли споровые образцы и размножали монопустульные изоляты гриба на универсально восприимчивом сорте Саратовская 29. Из каждого спорового образца выделяли и анализировали не менее 20 монопустульных изолятов на наборе изогенных линий сорта Thatcher и сортах с идентифицированными генами устойчивости: Lr 1, 2a, 2b, 2c, 3a, 3bg, 3ka, 9, 10, 11, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 23, 24, 25, 26, 28, 29, 30, 36, 38, 45, 47, 50, 51, 52, 53, 57, 64 и В по методике отсечённых листьев в светокультуре [Михайлова, Квитко, 1970].

Исследования проводили в камере искусственного климата Биотрон – 8, при температуре 19–20 °С и 16 часовом освещении, с интенсивностью до 8 тыс. люкс. Реакцию растения-хозяина на внедрение патогена устанавливали на 8–10 день по международной шкале, согласно которой 0, 1, 2 – устойчивость (R), 3 и 4 – восприимчивость (S), X – гетерогенность [Ghonston, Browder, 1966].

Вирулентность спорообразцов характеризовали по поражению изогенных линий, а фенотипический состав спорообразцов определяли по тест-ключу североамериканской системы, основанной на реакции устойчивости / восприимчивости 16 изогенных линий, объединённых в 4 блока: 1, 2a, 2c, 3a; 9, 16, 24, 26; 3ka, 11, 17, 30; В, 10, 14a, 18 [Long, Kolmer, 1989].

Степень сходства рассчитывали по представленности генов вирулентности в споровых образцах по формуле Л.А. Животовского:  $r = \sum \min(p, q)$  [Животовский, 1979].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Определение фенотипического состава спорообразцов показало, что наибольшее разнообразие патогена выявлено в спорообразце с сорта Омская 36 – 8 фенотипов, наименьшее с пырея – 4. Различие по числу и доли фенотипов на сортах пшеницы, по-видимому, обусловлено их генотипом, длительностью их использования и занимаемой площадью посева. Сорт Памяти Азиева (в ГР РФ с 2000 г.) получен от скрещивания сорта Саратовская 29 с селекционной линией Лютесценс 99/80-1, а в родословной сорта Омская 36 (в ГР РФ с 2007 г.) присутствует Runar (Норвегия). Независимо от генотипа сорта и вида растения-хозяина во всех спорообразцах зафиксирован фенотип ТКТТ, резистентность к которому проявила только изогенная линия Lr 9; в двух, а именно с сорта Омская 36 и пырея выявлен фенотип РКТК, доминирующий в инокулюме с пырея (57,15%); фенотип ТТТТ также присутствует на сортах пшеницы, но отсутствует среди изолятов с пырея. Фенотипы РКТТ и МКТК обнаружены только в популяции с пырея ползучего. Следует отметить, что в спорообразце с пырея отсутствуют биотипы авирулентные к Lr 26, таблица 1.

Таблица 1

### Фенотипический состав популяции возбудителя бурой ржавчины пшеницы, 2024 г.

Раса	Формула вирулентности, R/S	Омск, $\Sigma$ /%		
		ОТК, 01,08		02,08
		Памяти Азиева	Омская 36	Пырей ползучий
ТТТТ	9,26/ S	11/55	4/20	–
ТКТТ	9/ S	5/25	5/25	2/7,14
ТНТТ	9,24/ S	–	1/5	–
ТГТТ	9,24,26/ S	–	2/10	–
ТКТС	9,18/ S	–	1/5	–
ТНТС	9,18,24/ S	1/5	–	–
ТГТС	9,24,26,18 /S	–	1/5	–
РКТК	2а,9, В/S	–	5/25	16/57,15
РТТТ	2а,9,26/ S	2/10	–	–
РКТС	2а,9,18/ S	1/5	–	–
РКТТ	2а,9/ S	–	–	7/25
РНТТ	2а,9,24/ S	–	1/5	–
РТТК	2а,9,26, В/S	–	–	–
МКТК	2а,2с,9, В/S	–	–	3/10,71
$\Sigma$ фенотипов		5	8	4
$\Sigma$ изолятов / %		20 / 100	20 / 100	28 / 100

Расчёт коэффициента сходства выявило близость состава популяций с сортов пшеницы  $r = 45\%$ , и среднее сходство  $r = 32,14\%$  между пыреем и сортом Омская 36 и слабую его связь с сортом Памяти Азиева,  $r = 7,14$ .

Определение генотипического состава возбудителя заболевания показало на отсутствие в данных выборках генов патогена вирулентных к изогенным линиям, устойчивость которых детерминирована генами: Lr 9, Lr 19 и Lr 28. Наименьшее разнообразие по генам вирулентности выявлено в спорообразце с пырея с доминированием P2a и P2в, 92,7% и 67,9%, соответственно. В популяции с сорта Памяти Азиева преобладает ген авирулентности Lr26 (65,0%), таблица 2.

Таблица 2

**Генотипический состав патогена, южная лесостепь, Омск, 2024 г.**

Растение – хозяин	Резистентность линий, %										
	2а	2в	18	24	26	36	45	47	50	57	9, 19, 28
Памяти Азиева	20	20	10	5	<b>65</b>	10	5	10	10	<b>40</b>	<b>100</b>
Омская 36	<b>30</b>	<b>25</b>	10	<b>25</b>	<b>35</b>	10	<b>30</b>	10	5	<b>65</b>	<b>100</b>
Пырей	<b>92,7</b>	<b>67,9</b>	0	0	0	0	0	21,4	7,1	7,1	<b>100</b>

Таким образом, проведённый анализ вирулентности спорообразцов бурой ржавчины, собранных с сортов среднеранней группы спелости растения-хозяина и пырея ползучего в 2024 г. в период максимального поражения сортов пшеницы показал, что в популяции отсутствуют биотипы патогена поражающие линии, устойчивость которых детерминирована генами Lr 9, Lr 19 и Lr 28.

По поражению остальных линий отмечено значительное различие между популяциями с растения-хозяина и пырея ползучего, все биотипы с которого проявили вирулентность к линиям Lr 18, Lr 24, Lr 26, Lr 36, Lr 45 и авирулентность к Lr 2а и Lr 2в.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Белан И.А. Изучение хозяйственно-ценных и адаптивных признаков у линий сорта яровой мягкой пшеницы Омская 37, несущих транслокации 1RS.1BL и 7DL – 7Ai / Белан И.А., Россеева Л.П., Россеев В.М., Бадаева Е.Д., Зеленский Ю.И., Блохина Н.П., Шепелев С.С., Першина Л.А. // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2012. Том 16. N 1, с. 178–186.
2. Вавилов Н.И. Законы естественного иммунитета растений к инфекционным заболеваниям (Ключ к нахождению иммунных форм) / Избранные сочинения. Генетика и селекция. М., «Колос», 1966. – С. 254–318.
3. Животовский Л.А. Показатели сходства популяций по полиморфным признакам // Журн. общей биологии – 1979. – Т. 11, № 4. – С. 587–602.

4. Макаров А.А. Методы полевой и лабораторной оценки неспецифической устойчивости растений к болезням / А.А. Макаров, Е.Д. Коваленко, Д.А. Соломатин, Н.М. Маторина // Типы устойчивости растений к болезням. Материалы научного семинара. Санкт-Петербург. 2003. С. 17–24.
5. Мешкова Л.В. Динамика распространения патотипа возбудителя бурой ржавчины пшеницы вирулентного к сортам с геном Lr9 в Омской области / Мешкова Л.В., Россеева Л.П., Коренюк Е.А., Белан И.А. // Микология и фитопатология, 2012, т. 46, вып. 6. С. 397–400.
6. Мешкова Л.В., Россеева Л.П., Шмакова О.А., Белан И.А. Влияние сортов мягкой яровой пшеницы ФГБНУ «Омского АНЦ» с геном Lr 26 на вирулентность возбудителя бурой ржавчины // Успехи современного естествознания, 2021, № 10, С. 20–25.
7. Михайлова Л.А., Квитко К.В. Лабораторные методы культивирования возбудителя бурой ржавчины // Микология и фитопатология. – 1970. – Т. 4, № 3. – С. 269–270.
8. Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в Омской области в 2024 году и прогноз развития вредных объектов в 2025 году, Омск 2025 г., с. 69–75.
9. Плотникова Л.Я. Тенденция преодоления устойчивости к бурой ржавчине интрогрессивных линий мягкой пшеницы с генетическим материалом *Aegilops speltoides* Tausch. / Л.Я. Плотникова, Л.В. Мешкова, Е.И. Гультяева, О.П. Митрофанова, И.Ф. Лапочкина // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2018; 22 (5): 560–567. DOI 10.18699/VJ18.395.
10. Фисенко А.В. Динамика распространения ржаных транслокаций в генотипах российских сортов мягкой пшеницы *Triticum aestivum* / Фисенко А.В., Ляпунова О.А., Зуев Е.В., Новосельская-Драгович А.Ю. // Генетика, 2023, том 59, № 6, С. 648–658.
11. Шаманин В.П. Основные результаты, современные направления и методы селекции яровой мягкой пшеницы в Омском ГАУ / В.П. Шаманин, И.В. Потоцкая, А.С. Чурсин, С.С. Шепелев, О.Г. Кузьмин, В.Е. Пожерукова, М.С. Гладких, А.Н. Айдаров, С.А. Ессе, М.Н. Кошкин, А.О. Вернер // Сборник материалов Международного научно-практического форума, посвященного 90-летию СибНИИСХ, 5-летию ФГБНУ «Омский АНЦ», 1–2 августа 2023 г. – Омск: ФГБНУ «Омский АНЦ», 2023. – С. 185–191. – Текст: электронный.
12. Ghonston C.O., Browder B.E. Seventh revision of physiologic races of *Puccinia recondita* f. sp. tritici // Plant Dis. Repr. – 1966. Vol. 50 – P. 756–760.
13. Long D.L., Kolmer J.A. A North American System of Nomenclature for *Puccinia triticina* // Phytopathology. – 1989. Vol. 79 – P. 525–529.

# DIFFERENTIATION OF SPORE SAMPLES OF THE CAUSATIVE AGENT OF WHEAT BROWN RUST OF THE OMSK REGION POPULATION OF 2024

Meshkova L.V., Sabaeva O.B., Shestopalova S.N.

*Omsk Agrarian Scientific Center,  
Omsk, Russia, e-mail: meshkova\_lv@mail.ru*

**Abstract:** Brown rust is a common foliar disease on wheat crops in the Omsk region. Spore samples of the pathogen were collected on wheat and couch grass during the period of their maximum damage. Monitoring of their composition was carried out using the method of excised leaves in light culture on a set of isogenic lines and varieties with genetically determined resistance, using the Biotron – 8 artificial climate chamber, at a temperature of 19–20 ° C and 16-hour illumination, with an intensity of up to 8 thousand lux. The reaction of the host plant to the introduction of the pathogen was determined on the 8–10th day according to the international scale, according to which 0, 1, 2 – resistance (R), 3 and 4 – susceptibility (S), X – heterogeneity. It was found that most lines of the used set, regardless of the host plant, showed susceptibility to all the studied isolates; lines with the genes Lr 9, Lr 19 and Lr 28 were not affected; partial resistance was shown by Lr 2a, Lr 2b, Lr 24, Lr 26, Lr 45 and Lr 57. Higher virulence of the spore sample from creeping wheatgrass was noted. The TKTT phenotype with the virulence formula 9/S was detected in all spore samples. Similarities and differences in phenotypes of the tested spore samples were shown.

**Keywords:** brown rust, virulence, wheat, wheatgrass, isogenic lines.

# ПЕРСПЕКТИВА ПОЛУЧЕНИЯ АКТИВНЫХ УГЛЕЙ ИЗ СОЛОМЫ СЕЛЬХОЗКУЛЬТУР В ТЕХНОЛОГИИ АГРОСОРБ

Мухин В.М.<sup>1</sup>, Каменер О.Е.<sup>1</sup>, Яшина Н.И.<sup>1</sup>, Старцев В.И.<sup>2</sup>,  
Барышев М.Г.<sup>2</sup>, Абубикеров В.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> АО «Электростальское научно-производственное объединение «Неорганика»,  
Россия, г. Электросталь, victormukhin@yandex.ru

<sup>2</sup> ФГБНУ ВНИИ фитопатологии, Россия, п/о Большие Вяземы, vssort@mail.ru

**Аннотация:** Одним из серьезных факторов загрязнения окружающей среды является загрязнение почв сельхозугодий химическими веществами и пестицидами. Угледсорбционная детоксикация почв основана на внесении в загрязненную пестицидами почву активного угля (АУ) в дозах 25–100 кг/га. Проведенные вегетационные и полевые опыты показали, что использование специально разработанного АУ почвенного применения марки Агросорб позволяет устранить последствие пестицидов на вновь высеваемые растения и, как следствие, проявить эффект уже в первый год при уборке урожая; повысить урожайность на загрязненных пестицидами почвах в среднем на 20–80%; обеспечить получение экологически чистого урожая с отсутствием в нем пестицидов.

**Ключевые слова:** загрязнение почв, пестициды, активный уголь, детоксикация почв, сохранение урожая, экологическая чистота продукции растениеводства.

## ВВЕДЕНИЕ

Прогрессирующее загрязнение окружающей среды сделало экологическую безопасность важной составляющей национальной безопасности в целом.

В настоящее время практически вся планета и, особенно районы массового проживания людей, подвержены серьезным экологическим угрозам, главными из которых являются: радиационное заражение территорий, угнетение растений кислотными дождями, загрязнение почв химическими веществами и пестицидами, разливы нефти на суше и на море и разрушение атмосферы. Загрязнение биосферы резко снижает качество жизни людей; так, по данным ВОЗ (2002 г.), факторы, влияющие на здоровье человека, зависят от: питания и образа жизни – 51%, экологии – 39%, медицины – 10% [1].

В свете вышесказанного особое внимание должно быть уделено экологической безопасности аграрного комплекса, обеспечивающего население продовольствием, т. к. почв сельхозугодий на планете всего 6% от общей территории суши, а число жителей в конце XXI века составит 10 млрд.

Проблемы глобального загрязнения окружающей среды поднимались еще раньше российским ученым, профессором МХТИ им. Д.И. Менделеева Н.В.

Кельцевым, предложившим магистральный путь разрешения ситуации. Он писал: «В настоящее время, когда вопрос жизни и смерти стоит уже не только перед армией, но и перед всем человечеством, обеспокоенным катастрофическим загрязнением биосферы, настало время вновь обратиться за помощью к адсорбции – одному из самых эффективных методов защиты окружающей среды от загрязнений» [2].

В силу своих физико-химических свойств углеродные адсорбенты (активные угли) являются уникальными и идеальными сорбционными материалами, которые позволяют решать большой круг вопросов обеспечения химической и биологической безопасности человека, окружающей среды и инфраструктуры [3].

Активные угли (АУ) – это высокопористые вещества, получаемые в виде зерен или порошка на основе различного углеродсодержащего сырья, обладающие развитой внутренней поверхностью (до 2500 м<sup>2</sup>/г) и имеющие высокие поглощательные характеристики по примесям, находящимся в очищаемых средах (в воздухе, газах, воде и других жидкостях, почве).

Экологическая безопасность аграрного комплекса и качество пищевых ресурсов имеют в настоящее время важнейшее значение для всех стран, в том числе и России. Основой производства сельскохозяйственной продукции является почва, которая подвергается сильному угнетению в результате интенсивного применения пестицидов.

Среди угроз национальной безопасности России, связанных с загрязнением окружающей среды, угрозы, обусловленные загрязнением водоемов и питьевой воды, и угрозы, связанные с наличием пестицидов в почве и продуктах питания, являются наиболее опасными, следуя в этом ряду сразу за угрозами, вызываемыми радиационным загрязнением и разливами нефтепродуктов. Именно эти обстоятельства определяют острую актуальность применения активных углей для предотвращения деградации почв, связанной с использованием в сельском хозяйстве пестицидов.

Широкомасштабное использование в мировой сельскохозяйственной практике разнообразных химикатов, в том числе пестицидов, обострило медико-экологические проблемы, обусловленные загрязнением продуктов растениеводства, животноводства и биосферы в целом. В настоящее время ассортимент применяемых в различных странах мира ядохимикатов насчитывает около тысячи наименований (по действующим веществам), при этом широко используют около трехсот [4].

При решении экологических задач агропромышленного комплекса (АПК) активные угли характеризуют такие преимущества, как избирательность сорбции органических токсикантов, универсальность сорбционных свойств, высокая поглощательная способность, гидрофобность, удобная препаративная форма (зерна, порошок) и низкая стоимость.

До последнего времени, несмотря на актуальность задачи, углеродные адсорбенты для детоксикации почв не производили. Поэтому сначала были теоретически обоснованы требования к пористой структуре и препаративным формам активных углей данной ориентации (агросорбентам), а также технологии их внесения в почву. Установлено, что агросорбенты должны иметь объем микропор не менее  $0,2-0,3 \text{ см}^3/\text{г}$  при существенном развитии тонких пор ( $0,8-1,2 \text{ нм}$ ), позволяющих прочно удерживать как молекулы самих пестицидов, так и продукты их деструкции, при этом транспортная пористость должна быть так же хорошо развита для обеспечения хорошей кинетики поглощения этих веществ.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве исходного сырья для получения таких АУ могут использоваться различные углеродсодержащие материалы, такие как: каменные угли, торф, древесина, скорлупа орехов и косточки плодов, различные отходы растениеводства и др. Так нами разработан активный уголь Агросорб на основе каменного угля марки СС с использованием парогазового метода активации.

Активный уголь Агросорб характеризуется следующими параметрами: зернение –  $0,5-2,8 \text{ мм}$ ; суммарный объем пор –  $0,8 \text{ см}^3/\text{г}$ ; адсорбционная активность по йоду – не менее 65%; массовая доля воды – не более 5%.

Тестирование активных углей Агросорб осуществляли следующим методом. Подготовленную почву обрабатывали гербицидом в соответствующей дозе. Через сутки после обработки почвы гербицидом в нее вносили активный уголь в дозах  $25-100 \text{ кг/га}$ . Полученную почвенную смесь тщательно перемешивали. Еще через сутки образцы почв помещали в пластиковые стаканы вместимостью 600 г. почвы (по 5 повторностей в каждом варианте). После чего высевали семена тест-растений. Сосуды для роста тест-растений помещали в камеру лаборатории искусственного климата (ЛИК) и выдерживали в течение 15 суток при температуре  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  днем и  $16 \text{ }^\circ\text{C}$  ночью с длиной дня 16 часов и ночи 8 часов. Освещенность опытных растений в дневной период составляла 20 тыс. ЛК. Для поддержания влажности почвы на уровне  $60-70\%$  от предельной влажности ежедневно проводили полив водопроводной водой. Через 15 суток тест-растение срезали, взвешивали и сравнивали наземную массу опытных и контрольных растений.

Показатели сохраненного урожая на опытных вариантах относительно контрольных рассчитывали по формуле

$$B = A/K \cdot 100, \%$$

где  $B$  – сохраненный урожай тест-культуры к загрязненному контролю в %;

$A$  – средняя масса тест-растений на опытном варианте, г;

$K$  – масса тест-растений на контрольном варианте, г.

Образцы новых типов активных углей на основе соломы различных сельскохозяйственных культур получали парогазовым методом активации. Для этого исходную солому измельчали на фрагменты 1–3 см, карбонизовали в ретортной печи со скоростью подъема температуры 5–10 °С/мин до конечной температуры 450–550 °С с выдержкой при конечной температуре 15 минут. После завершения процесса карбонизации печь переводили в режим активации, которую осуществляли перегретым водяным паром при температуре 800 °С в течение 1,5 часов. После завершения активации печь охлаждали до комнатной температуры, выгружали полученный активный уголь и определяли его адсорбционную активность и другие технологические параметры.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В таблице 1 показана эффективность восстановления плодородия почв, загрязненных остатками различных гербицидов активным углем Агросорб в дозе 100 кг/га.

Как следует из результатов, приведенных в таблице 1, применение активного угля Агросорб позволяет сохранить урожай тест-культуры по отношению к загрязненному контролю на 20–80% вне зависимости от типа гербицида и его концентрации, а в ряде случаев и полностью сохранить урожай.

Другим важным результатом применения углеадсорбционной детоксикации почв, загрязненных гербицидами, является исключение накопления гербицидов в продукции растениеводства.

Результаты сопоставительных исследований, выполненных на черноземных почвах Краснодарского Края на ряде сельскохозяйственных культур при их возделывании на почвах, загрязненных гербицидами по обычной технологии и с использованием углеродных адсорбентов указывают, что внесение Агросорба на загрязненные участки в количестве до 100 кг/га (в случае зерновой культуры ячменя – до 200 кг/га) позволяет резко снизить (а в ряде случаев и полностью исключить) накопление гербицидов в продуктах растениеводства и овощеводства (таблица 2).

Таким образом, использование активных углей для детоксикации почв путем фиксации находящихся в них остатков гербицидов имеет два важных аспекта: повышение урожайности на загрязненных почвах в среднем на 20–80% и обеспечение возможности получения урожая диетической кондиции. Оба эффекта обусловлены адсорбцией пестицидов из почвенных растворов активными углями, т. е. их фиксацией в пористой структуре активного угля и, как следствие, лишением способности к миграции с почвенными растворами и поступлению в корневую систему растений, что и выражается в сокращении или упразднении

отрицательного воздействия этих токсикантов на урожай сельскохозяйственных культур.

Потребление соломы российскими хозяйствами снизилось во много раз. Вместе с тем объемы производства зерна постепенно нарастают, поэтому растет и производство соломы (в нашей стране за год накапливается 80–100 млн. т соломы одних только злаковых и крупяных культур). Возникает необходимость рационального решения проблем послеуборочной обработки почвы и утилизации растительных отходов, поскольку в настоящее время их просто сжигают или запахивают в землю.

Одним из перспективных направлений решения этой проблемы является получение на их основе активных углей и использование их в качестве агросорбентов.

В таблице 3 приведены характеристики активных углей, полученных из соломы ряда сельхозкультур.

Как видно из данных таблицы 3, все полученные активные угли характеризуются развитием суммарного объема пор ( $V_{\Sigma}$ ) и существенным развитием объема сорбционного пространства ( $W_s$ ), при этом объем собственно микропор ( $V_{ми}$ ) с размером 0,8 нм достигает 0,16–0,20 см<sup>3</sup>/г, обеспечивая достаточно хорошие показатели адсорбционной способности по йоду и метиленовому голубому (МГ) – тестовым веществам по адсорбции примесей из воды.

Логично было определить эффективность полученных АУ непосредственно при детоксикации почв от остатков применяемых гербицидов [5]. Опыты проводились в лаборатории искусственного климата (ЛИК) ФГБНУ ВНИИ фитопатологии (г. Голицыно, Московская область). Для высева тест-культуры подсолнечника использовали горшки вместимостью 600 г почвы, которую загрязняли гербицидом Зингер в дозе, соответствующей 5 г/га, и вводили дозу АУ в расчете 100 кг на 1 га. По истечении 30 суток оценивали среднюю массу тест-растения и определяли показатели сохраненного урожая в% к загрязненному контролю. Результаты опытов приведены в табл. 4.

Из табл. 4 видно, что сохраненный урожай на почве, загрязненной гербицидом Зингер СП, в случае АУ из соломы овса, пшеницы и рапса составляет 93–95%, что выше, чем у известного промышленного АУ почвенного применения Grosafe (США). На наш взгляд преимущество АУ из соломы состоит в том, что у них хорошо развит объем транспортных макро- и мезопор, что обеспечивает высокую кинетику адсорбции гербицидов.

Таким образом, применение технологии углеадсорбционной детоксикации почв позволяет обеспечить восстановление плодородия почв и получение экологически чистой продукции растение- и овощеводства, что будет способствовать

повышению качества жизни населения Российской Федерации и реализации на практике Федерального закона об органичном земледелии [6].

## ВЫВОДЫ

1. Внесение активного угля под овощные и зерновые культуры в дозе 100–200 кг/га на почвах, загрязненных гербицидами, позволяло сохранить до 100% урожая по сравнению с контролем (поля без внесения активного угля).

2. Внесение активного угля под овощные и зерновые культуры в дозе 100–200 кг/га на почвах, загрязненных гербицидами способствовало получению с.-х. продукции не загрязненной остаточными количествами гербицидов.

3. В результате проведенных исследований, было установлено, что солома зерновых культур и рапса является отличным сырьем для получения активного угля.

4. Таким образом, разработка способа получения активного угля из соломы сельскохозяйственных растений будет способствовать:

А) развитию безотходных технологий производства сельскохозяйственной продукции;

Б) уменьшению развития патогенной микробиоты на растительных остатках;

В) формированию неограниченной сырьевой базы для выработки активного угля.

Таблица 1

### Восстановления урожая с.-х. культур на почвах, загрязненных остатками гербицидов с помощью активного угля Агросорб в дозе 100 кг/га

Гербицид	Остатки гербицида в почве, г/га	Культура	Показатели сохраненного урожая тест-культур, % к загрязненному уровню
Хлорсульфурон (ХСФ)	0,2	Огурец	16–20
		Свекла	58–63
		Редис	23–28
Тербацил	1,4	Огурец	23–27
		Свекла	64–69
		Редис	30–39
Пиклорам	2	Огурец	22–24
Симазин	50	Томат	22–26
Хлорсульфурон	0,4	Томат	98 – 100
	0,4	Свекла	98–99
	0,4	Редис	98 –100

Таблица 2

**Содержание гербицидов в продукции сельскохозяйственных культур**

Гербицид и его доза, кг/га	Доза активного угля, кг/га	Тест-культура	Содержание гербицида в урожае, мг/кг
Трефлан – 1	–	Томаты	28
Трефлан – 1	100	Томаты	0,6
Трефлан –1	–	Морковь	95
Трефлан –1	100	Морковь	не обнаружено
2,4-Д-5	–	Ячмень	220
2,4-Д-5	200	Ячмень	не обнаружено
2,4-Д-10	–	Ячмень	670
2,4-Д-10	200	Ячмень	не обнаружено

Таблица 3

**Характеристика активных углей, полученных из соломы с/х растений**

Исходная солома	Насыпная плотность, г/дм <sup>3</sup>	Массовая доля золы, %	Объем пор, см <sup>3</sup> /г		Адсорбционные способности по:	
			суммарный	микро	йоду, %	МГ, мг/г
Пшеница	66,5	12,2	3,61	0,20	64	52
Овес	72,5	28,2	3,97	0,16	50	44
Рапс	135	16,5	4,17	0,16	39	87

Таблица 4

**Влияние активных углей на фитотоксичность метсульфурон-метила (Зингер, СП) на примере растений подсолнечника**

Вариант	Средняя масса, г	Показатели сохраненного урожая тест-культур, % к загрязненному уровню
Зингер, СП	1,1	26,8
Зингер, СП + АУ из соломы овса	3,9	95,1
Зингер, СП + АУ из соломы пшеницы	3,9	95,1
Зингер, СП + АУ из соломы рапса	3,8	92,7
Зингер, СП + АУ Grosafe (США)	3,6	87,8
Контроль (без гербицидов)	4,1	

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Спиридонов Ю.Я., Мухин В.М., Воропаева Н.Л., Богданович Н.И. Углеадсорбционная детоксикация почв, загрязненных остатками пестицидов // Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 85-летию со дня рождения Д.И. Чканикова «Современные проблемы гербологии и оздоровления почв» 21–23 июня 2016 г., Большие Вяземы. 2016. – С. 336–341.

2. Кельцев Н.В. Основы адсорбционной техники. – М.: Химия. 1976. – 511 с.
3. Самонин В.В., Подвязников М.Л., Спиридонова Е.А. Сорбционные технологии защиты человека, техники и окружающей среды. Санкт-Петербург: Наука. 2021. – 531 с.
4. Мухин В.М., Тарасов В.В., Клушин В.Н. Активные угли России – М.: Металлургия. 2000. – 352 с.
5. Mukhin V.M., Spiridonov Yu.Ya., Lupashku T.G. Detoxification of pesticides polluted soil by adsorption on activated carbons// Chemistry Journal of Moldova. – 2009, vol. 4, № 1. p. 72–74.
6. Федеральный закон от 03.08.2018 № 280-ФЗ «Об органической продукции и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». – 8 с.

## ACTIVE COALS BASED ON STRAW AGRICULTURAL STRAW IN THE TECHNOLOGY OF AGRICULTURAL LIGHT

Mukhin V.M.<sup>1</sup>, Kamener O.E.<sup>1</sup>, Yashina N.I.<sup>1</sup>, Startsev V.I.<sup>2</sup>,  
Baryshev M.G.<sup>2</sup>, Abubikerov V.A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> JSC «Electrosta Scientific and Production Association» Neorganics «,  
Russia, Elektrosta, victormukhin@yandex.ru

<sup>2</sup> FGBNU VNII of phytopathology, Russia, p/o Large Vyazemi, vssort@mail.ru

**Annotation:** One of the serious environmental pollution factors is the pollution of agricultural soils with chemicals and pesticides. Soil carbon dasket detoxification is based on the introduction of active coal (AU) in doses of 25–100 kg/ha in pesticides contaminated with pesticides. Conducted vegetation and field experiments showed that the use of a specially designed soil use of the agricultural light brand allows us to eliminate the apertition of pesticides on newly sown plants and, as a result, show the effect in the first year when cleaning the crop; increase yields on soil pesticides by an average of 20–80%; Ensure an environmentally friendly crop with the absence of pesticides in it.

**Key words:** soil pollution, pesticides, active coal, soil detoxification, crop preservation, environmental purity of crop production.

# СОПРЯЖЁННАЯ СУКЦЕССИЯ ДЕРЕВОРАЗРУШАЮЩИХ ГРИБОВ ПРИ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОМ ПОСЕЛЕНИИ НА ДРЕВЕСНЫХ ОСТАТКАХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ СЕМЕЙСТВ BETULACEAE и SALICACEAE

Некляев С.Э.

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии»,  
р. п. Большие Вяземы, Московская область, Российская Федерация;  
e-mail: slava9167748107@yandex.ru

**Аннотация:** Лиственные породы семейств Betulaceae, Salicaceae занимают значительную долю в зеленых зонах и лесопарках. Несмотря на высокую распространенность деревьев данных семейств в озеленение и лесном хозяйстве, достаточно мало изучен вопрос повреждения представителей из рода *Salix* и *Alnus* ксилотрофными грибами. В работе рассматриваются вопросы изучения сукцессионных изменений в лесных экосистемах в границах освоения эколого-трофическими группами грибов древесных субстратов из пород семейства Betulaceae и Salicaceae. Исследование проведено в лесопарковых насаждениях и зеленых зонах г. Москвы, Московской, Рязанской и Владимирской области в период 2017–2025 гг. на 1062 модельных старовозрастных дерева родов *Betula*, *Alnus*, *Salix*, *Populus*. Значительное место в микокомплексе данных древесных пород занимают представители Basidiomycota. Установлена высокая схожесть микокомплексов семейств: 60 базидиальных грибов способны вести свою жизнедеятельность на деревьях обоих семейств. Наибольшее количество узкоспециализированных видов ксилотрофных базидиомицетов отмечено на деревьях рода *Salix*, что превысило почти вдвое количество видов на модельных деревьях рода *Populus*. В составе грибных сообществ аскомицеты могут конкурировать с представителями класса базидиомицетов в лесных экосистемах из представителей семейства Betulaceae и Salicaceae. Отмечено высокое сходство между выборками групп грибов при последовательном поселении на древесных остатках березы и ольхи.

**Ключевые слова:** дереворазрушающие грибы, сукцессия, валёж, Betulaceae, Salicaceae, Ascomycota, Basidiomycota, ксилотрофные базидиомицеты.

## ВВЕДЕНИЕ

В процессе эволюции грибы адаптировались к различным условиям среды, эффективно осваивая экологические ниши и развивая специализацию, т. е. приуроченность к виду субстрата, например, ксилотрофы или дереворазрушающие грибы, обитающие на древесном отпаде и валёже или поселяющиеся на границе живого и мёртвого (Zabel et al., 2020). В современном лесоведении актуален вопрос о взаимодействии между деревьями и грибами, влиянии пород на структуру микосообществ и др. (Hiscox et al., 2018). При заселении на субстрат популяции многих грибов распадаются на большое число групп, формируя изолированные друг от друга колонии (Boddy et al., 2016; Некляев, Серая, Ларина, 2022).

Лиственные породы семейств Betulaceae, Salicaceae занимают значительную долю в зеленых зонах и лесопарках (Беломесяцева и др., 2016; Серая и др., 2020). Но, несмотря на высокую распространенность деревьев данных семейств в озеленении и лесном хозяйстве, достаточно мало изучен вопрос повреждения представителей из рода *Salix* и *Alnus* ксилотрофными грибами (Сафонов и др., 2010).

Цель работы – изучение сукцессионных изменений в лесных экосистемах в границах освоения эколого-трофическими группами грибов древесных субстратов из пород семейства Betulaceae и Salicaceae.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Оценку распределения и последовательности освоения субстрата дерево-разрушающими грибами провели на 198 пробных площадях в лесопарковых насаждениях и зеленых зонах г. Москвы, Московской, Рязанской и Владимирской области. В период 2017–2025 гг. исследовали 1062 модельных старовозрастных дерева следующих пород – береза (*Betula pendula* Roth.), ольха (*Alnus glutinosa* L. и *Alnus incana* (L.) Moench.), ива (*Salix alba* L., *Salix fragilis* L. и *Salix caprea* L.), осина (*Populus tremula* L.). Провели отбор проб древесины, коры, корней, хвои и листвы, имеющих плодоношения грибов, одновременно в полевых условиях инструментально измеряли свойства древесины. Идентификацию видовой принадлежности грибов проводили общепринятыми методами с использованием специализированных определителей по морфологическим признакам. Статистическую обработку проводили в пакете EXCEL 2016, STATISTICA 8.0.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ массива данных лиственных дендроценозов показал, что значительное место занимают в микокомплексе представители Basidiomycota, в частности, из рода *Stereum*, *Trametes*, *Daedaleopsis*, *Phellinus*, *Fomes*, *Hymenochaete*, *Bjerkandera*, *Inonotus*, *Fomes*, *Polyporus*, *Xanthoporia*, *Fomitopsis*. Грибы для освоения субстрата выработали разные стратегии: плотный рост, последовательную колонизацию, адаптацию к дефициту питательных веществ и др. Эти типы стратегий позволяют организмам не только адаптироваться к разным условиям среды, но и использовать доступные питательные вещества до их полного потребления из субстрата. Сравнительный анализ состояния модельных деревьев семейства Salicaceae показал, что на их жизнеспособность влиял биотроф *Phellinus igniarius*, мицелий которого распространялся в центральной части ствола. В комлевой зоне ивы, разных видов, наблюдался активный рост *Ganoderma lipsiense*, что негативно влияло и приводило к медленному усыханию дерева, а также потере механической устойчивости ствола, например, разлом.

Были выделены группы грибов, вступающие в активную конкуренцию за ресурсы, в частности, *Phellinus punctatus* и *Daedaleopsis tricolor*, *Bjerkandera adusta* и *Inonotus radiatus* или *Chlorociboria aeruginascens*, который активно конкурирует за субстрат с агариковыми грибами (*Armillaria ostoyae*, *Pleurotus ostreatus*). Многие грибы показали стратегию адаптации к дефициту питательных веществ, например, выделены совместно растущие *Trametes hirsuta* и *Fomes fomentarius*. Получен интересный результат о взаимодействии *Chlorociboria aeruginascens* и *Stereum hirsutum*, где рост мицелиального тела первого гриба формируется строго вдоль субстратного мицелия второго.

Нами установлено, что на ольхе доминирующим биотрофом является *P. igniarius*, на березе – чага (*Inonotus obliquus f. sterilis*), *F. fomentarius*. и *F. betulinus*. Видовое разнообразие экологических групп грибов на ольхе беднее, чем на березе. Этот факт определяется химическим составом древесины ольхи, в которой меньше доступных питательных веществ и сложных органических веществ (целлюлоза и лигнин). В полевых условиях наблюдали эффект формирования зоны взаимоподавления роста мицелиев, который мы назвали «зоной энзимного антагонизма». Например, при заселении раневых поверхностей *S. hirsutum* и *T. hirsuta*, их гифы обходили мицелий *F. fomentarius* через поверхностные годовичные кольца. Схожее поведение наблюдали у других представителей из рода *Trametes* и *F. fomentarius*.

На модельных деревьях ивы и осины выявлено конкурентное взаимодействие между аскомицетами и базидиомицетами, схожее с наблюдаемыми зависимостями на березе и ольхе. Гриб *Reticularia lycoperdon* успешно конкурировал с *Fomitopsis pinicola* и *Daedaleopsis confragosa*, формируя зону энзимного антагонизма, а растущий мицелий *Fuligo leviderma* обходил локацию с *Xanthoporia radiata*, колонизируя только одно поверхностное годовое кольцо и развиваясь далее с захватом коры.

Вместе с этим было установлена высокая схожесть микокомплексов семейств: 60 базидиальных грибов способны вести свою жизнедеятельность на деревьях обоих семейств (Таблица 1). В каждом из семейств присутствует как олиготорофы, так и узкоспециализированные виды.

В составе микоассоциации Salicaceae можно отметить двухкратное превышение видового разнообразия олиготорофов, чем в микоассоциации Betulaceae (Таблица 2).

**Политрофы семейств Salicaceae и Betulaceae**

Эколого-трофические группы	Наименования видов
Биотрофы	<i>Armillaria ostoyae</i> (Romagn.) Herink; <i>Heterobasidion annosum</i> (Fr.) Bref.; <i>Inonotus obliquus</i> (Fr.) Pilat; <i>Phellinus igniarius</i> (L.) Quel.; <i>Stereum gausapatum</i> (Fr.) Fr.; <i>Stereum hirsutum</i> (Willd.) Pers.
Ксилотрофы	<i>Bjerkandera adusta</i> (Willd.) P. Karst.; <i>Bjerkandera fumosa</i> (Pers.) P. Karst.; <i>Cerrena unicolor</i> (Bull.) Murrill; <i>Daedaleopsis confragosa</i> (Bolton) J. Schröt.; <i>Fomes fomentarius</i> (L.) Fr.; <i>Fomitopsis pinicola</i> (Sw.) P. Karst.; <i>Ganoderma lipsiense</i> (Batsch) G.F. Atk.; <i>Ganoderma resinaceum</i> Boud.; <i>Ganoderma lucidum</i> (Curtis) P. Karst.; <i>Ischnoderma resinosum</i> (Schrad.) P. Karst.; <i>Trametes trogii</i> Berk.; <i>Inonotus cuticularis</i> (Bull.) P. Karst.; <i>Inonotus hispidus</i> (Bull.) P. Karst.; <i>Inonotus radiatus</i> (Sowerby) P. Karst.; <i>Inonotus rheades</i> (Pers.) Bondartsev & Singer; <i>Merulius molluscus</i> Fr.; <i>Phellinopsis conchata</i> (Pers.) Y.C. Dai; <i>Trametes gibbosa</i> (Pers.) Fr.; <i>Trametes hirsuta</i> (Wulfen) Lloyd; <i>Trametes pubescens</i> (Schumach.) Pilat; <i>Trametes versicolor</i> (L.) Lloyd; <i>Pallidohirschioporus biformis</i> (Fr.) Y.C. Dai, Yuan Yuan & M. Zhou; <i>Pappia fissilis</i> (Berk. & M.A. Curtis) Zmitr.; <i>Sarcodontia spumea</i> (Sowerby) Spirin; <i>Sarcodontia spumea</i> (Sowerby) Spirin; <i>Xanthoporia radiata</i> (Sowerby) Tura, Zmitr., Wasser, Raats & Nevo; <i>Laetiporus sulphureus</i> (Bull.) Murrill; <i>Oxyporus corticola</i> (Fr.) Ryvarden; <i>Oxyporus populinus</i> (Schumach.) Donk; <i>Fomitiporia punctata</i> (P. Karst.) Murrill; <i>Stereum subtomentosum</i> Pouzar
Сапроксилоотрофы	<i>Antrodia albida</i> (Fr.) Donk; <i>Hymenochaete tabacina</i> (Sowerby) Lev.; <i>Neofavolus alveolaris</i> (DC.) Sotome & T. Hatt.; <i>Cerioporus squamosus</i> (Huds.) Quel.; <i>Lentinus arcularius</i> (Batsch) Zmitr.; <i>Lentinus brumalis</i> (Pers.) Zmitr.; <i>Cerioporus varius</i> (Pers.) Zmitr. & Kovalenko; <i>Phlebiopsis gigantea</i> (Fr.) Jülich; <i>Skeletocutis nivea</i> (Jungh.) Jean Keller; <i>Gloeoporus pannocinctus</i> (Romell) J. Erikss.; <i>Radulodon aneirinus</i> (Sommerf.) Spirin; <i>Tyromyces chioneus</i> (Fr.) P. Karst.; <i>Phlebia radiata</i> Fr.; <i>Vitreoporus dichrous</i> (Fr.) Zmitr.; <i>Junghuhnia nitida</i> (Pers.) Ryvarden; <i>Fuscoporia ferruginosa</i> (Schrad.) Murrill; <i>Phellinus laevigatus</i> (P. Karst.) Bourdot & Galzin; <i>Lentinus substrictus</i> (Bolton) Zmitr. & Kovalenko
Сапроксилоотрофы-Гумификаторы	<i>Pholiota adiposa</i> (Batsch) P. Kumm.; <i>Pholiota aurivella</i> (Batsch) P. Kumm.; <i>Pholiota squarrosa</i> (Vahl) P. Kumm.; <i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq.) P. Kumm.; <i>Collybia velutipes</i> (Curtis) P. Kumm.

Олиготрофы семейств *Salicaceae* и *Betulaceae*

Salicaceae	Betulaceae
<i>Daedaleopsis tricolor</i> (Bull.) Bondartsev & Singer	<i>Inonotus obliquus f. sterilis</i> (Vanin) Baland. & Zmitr.
<i>Hapalopilus rutilans</i> (Pers.) Murrill	<i>Ceriporus leptcephalus</i> (Jacq.) Zmitr.
<i>Irpex lacteus</i> (Fr.) Fr.	
<i>Pappia fissilis</i> (Berk. & M.A. Curtis) Zmitr.	

Наибольшее количество узкоспециализированных видов ксилотрофных базидиомицетов отмечено на деревьях рода *Salix* – 21 вид, что превысило почти вдвое количество видов на модельных деревьях рода *Populus*. В микоассоциации семейства *Betulaceae* только род *Betula* имеет узкоспецифические виды, а на деревьях рода *Alnus* поселяются поли- и олиготрофы (Таблица 3).

Узкоспециализированные виды грибов  
для представителей семейств *Salicaceae* и *Betulaceae*

Род деревьев	Наименование вида
<i>Salix</i>	<i>Ceriporia subpudorina</i> (Pilat) Bondartsev; <i>Ceriporia viridans</i> (Berk. & Broome) Donk; <i>Corticium roseum</i> Pers.; <i>Dacrymyces deliquescens</i> (Bull.) Duby; <i>Trechispora mollusca</i> (Pers.) Liberta; <i>Rigidoporus ulmarius</i> (Sowerby) Imazeki; <i>Haploporus odoratus</i> (Sommerf.) Bondartsev & Singer; <i>Ganoderma applanatum</i> (Pers.) Pat.; <i>Haploporus odoratus</i> (Sommerf.) Bondartsev & Singer; <i>Rigidonotus glomeratus</i> (Peck) Y.C. Dai, F. Wu, L.W. Zhou, Vlasák & B.K. Cui; <i>Hydnocristella himantia</i> (Schwein.) R.H. Petersen; <i>Lentinus tigrinus</i> (Bull.) Fr.; <i>Etheironotus fimbriatus</i> (Pers.) Banker; <i>Hyphodontia arguta</i> (Fr.) J. Erikss.; <i>Tapinella atrotomentosa</i> (Batsch) Šutara; <i>Lilaceophlebia tremelloidea</i> (Bres.) Zmitr.; <i>Punctularia strigosozonata</i> (Schwein.) P.H.B. Talbot; <i>Polypilus umbellatus</i> (Pers.) P. Karst.; <i>Xylodon radula</i> (Fr.) Tura, Zmitr., Wasser & Spirin; <i>Trametes suaveolens</i> (L.) Fr.; <i>Raduliporus aneirinus</i> (Sommerf.) Spirin & Zmitr.
<i>Populus</i>	<i>Fomitopsis mellita</i> (Niemelä & Penttilä) Niemelä & Miettinen; <i>Fomitopsis pulvinascens</i> (Pilat) Niemelä & Miettinen; <i>Antrodiella semisupina</i> (Berk. & M.A. Curtis) Ryvardeen; <i>Auricularia mesenterica</i> (Dicks.) Pers.; <i>Trametes pubescens</i> (Schumach.) Pilat; <i>Gloeophyllum trabeum</i> (Pers.) Murrill; <i>Vanderbylia fraxinea</i> (Bull.) D.A. Reid; <i>Phellinus tremulae</i> (Bondartsev) Bondartsev & P.N. Borisov; <i>Xylodon flaviporus</i> (Berk. & M.A. Curtis ex Cooke) Riebesehl & Langer; <i>Trametes ochracea</i> (Pers.) Gilb. & Ryvardeen
<i>Betula</i>	<i>Antrodiella semisupina</i> (Berk. & M.A. Curtis) Ryvardeen; <i>Podofomes mollis</i> (Sommerf.) Gorjon; <i>Hapalopilus rutilans</i> (Pers.) Murrill; <i>Lenzites betulinus</i> (L.) Fr.; <i>Fomitopsis betulina</i> (Bull.) B.K. Cui, M.L. Han & Y.C. Dai; <i>Ceriporiopsis mucida</i> (Pers.) Gilb. & Ryvardeen; <i>Baltazaria galactina</i> (Fr.) Leal-Dutra, Dentinger & G.W. Griff.

В заключение подчеркнем, что в составе грибных сообществ аскомицеты могут конкурировать с представителями класса базидиомицетов в лесных экосистемах из представителей семейства *Betulaceae* и *Salicaceae*. Отмечено высокое сходство между выборками групп грибов при последовательном поселении на древесных остатках березы и ольхи (коэффициент Диза-Соренсена равен 0,5–0,6).

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ (тема № FGGU-2025-0007).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беломесяцева Д.Б., Шабашова Т.Г., Гапиенко О.С. Микробиоты в составе микобиоты широколиственных лесов // Труды БГТУ. Сер.1: Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов. 2016. № 1 (183). С. 162–165.
2. Серая Л.Г., Калембет И.Н., Жуков Ф.Ф., Петров А.В., Ларина Г.Е. Грибные болезни растений лесных пород в садово-парковом хозяйстве. // Дендробионтные беспозвоночные животные и грибы и их роль в лесных экосистемах (XI Чтения памяти О.А. Катаева). Материалы Всероссийской конференции с международным участием. Санкт-Петербург, 2020. С. 304–305.
3. Некляев С.Э., Серая Л.Г., Ларина Г.Е. Экологические последствия современных изменений климата, негативно влияющие на устойчивость хвойных растений к вредителям и афиллофоровым грибам // Биосфера. 2022. Т. 14. № 3. С. 235–244.
4. Zabel R.A., Wood Microbiology. Decay and Its Prevention / R.A. Zabel, J.J. Morrell, S. Robinson. – London: ELSEVIER Academic Press, 2020. – 556 P.
5. Boddy L., Hiscox J. 2016. Fungal ecology: principles and mechanisms of colonization and competition by saprotrophic fungi. *Microbiol Spectrum* 4 (6): FUNK-0019-2016. – PP. 1–16 doi:10.1128 /microbiolspec. FUNK-0019-2016.
6. Hiscox J. Fungus wars: basidiomycete battles in wood decay / J. Hiscox, J. O'Leary, L. Boddy // *Studies in Mycology*. – 2018. – Vol. 89. – P. 117–124. DOI: 10.1016/j.simyco.2018.02.003.
7. Сафонов М.А., Ишкильдин А.Б., Ширин Ю.А., Григорьев А.А. Сопряжённость сукцессий растительных сообществ и микоценозов в лесных экосистемах // Известия ОГАУ. 2010. № 28-1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sopryazhyonnost-suktsessiy-rastitelnyh-soobschestv-i-mikotsenozov-v-lesnyh-ekosistemah> (дата обращения: 27.08.2025).

# CONJUGATE SUCCESSION OF DETERIORATING FUNGI ON THE RESIDUAL WOOD OF THE BETULACEAE AND SALICACEAE FAMILIES

Neklyayev S.E.

*All-Russian Research Institute for Phytophthora Pathology,  
Bolshie Vyazemy, Russia*

**Abstract:** Deciduous species of the Betulaceae and Salicaceae families occupy a significant share in green areas and forest parks. Despite the high prevalence of trees of these families in landscaping and forestry, the issue of damage to representatives of the genus *Salix* and *Alnus* by xylotrophic fungi has been poorly studied. The paper examines the issues of studying successional changes in forest ecosystems within the boundaries of the development by ecological and trophic groups of fungi of woody substrates from species of the Betulaceae and Salicaceae families. The study was conducted in forest park plantations and green areas of the city. Moscow, Moscow, Ryazan, and Vladimir regions in the period 2017–2025 for 1062 model old-age trees of the genera *Betula*, *Alnus*, *Salix*, and *Populus*. Representatives of Basidiomycota occupy a significant place in the mycocomplex of these tree species. A high similarity of mycocomplexes of the families has been established: 60 basidial fungi are able to conduct their vital activity on trees of both families. The largest number of highly specialized species of xylotrophic basidiomycetes was recorded on trees of the genus *Salix*, which almost doubled the number of species on model trees of the genus *Populus*. Ascomycetes can compete with representatives of the basidiomycete class in fungal communities in forest ecosystems from the Betulaceae and Salicaceae families. A high similarity was noted between the samples of groups of fungi with successive settlement on the woody remains of birch and alder.

**Keywords:** wood-destroying fungi, succession, deadwood, Betulaceae, Salicaceae, Ascomycota, Basidiomycota, xylotrophic basidiomycetes.

# СПРАВОЧНО-КОНСУЛЬТАТИВНАЯ СИСТЕМА «ЗАЩИТА РЖИ ОТ СТЕБЛЕВОЙ РЖАВЧИНЫ»

Никифоров Е.В., Санин С.С.

*Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии,  
e-mail: EV-Nikiforov2010@Yandex.ru*

**Аннотация:** В данной статье представлено описание компьютерной программы «Защита ржи от стеблевой ржавчины». Программа позволяет рассмотреть особенности проявления стеблевой ржавчины в зависимости от биологических, агротехнических и хозяйственно-экономических условий на посевах ржи в диалоговом режиме. Результатом является решение о виде защитных мероприятий на основе выбранных параметров. Среда разработки DelphiXE2 с привлечением HTML.

**Ключевые слова:** справочно-консультативная система, компьютерная программа, рожь, защита ржи, стеблевая ржавчина

## ВВЕДЕНИЕ

Объектом нашего внимания является озимая рожь. Это стратегическая продовольственная зерновая культура России, самая пластичная по ареалу распространения и наиболее адаптивная для регионов со сложными природно-климатическими условиями. Только рожь выдерживает самую низкую температуру на глубине узла кущения – до  $-23$  °С.

Неоспоримым преимуществом озимой ржи является ее высокая кислотостойчивость. В Нечерноземной зоне страны почвы с повышенной кислотностью занимают 80% общей площади пашни. Всего же в России площадь кислых почв достигает 50 млн га.

У ржи, по сравнению с пшеницей, в 1,5 раза мощней развита корневая система, которая эффективно поглощает воду и питательные вещества из глубоких слоев почвы. Благодаря высокой стрессоустойчивости ни одна зерновая культура не может сравниться с рожью по способности давать стабильный урожай в неблагоприятные и экстремальные по погодным условиям годы [1].

Обширный фактический материал ВНИИФ представлен в виде компьютерной программы, которая позволяет всесторонне рассмотреть особенности проявления стеблевой ржавчины на ржи и определить способы наиболее эффективной защиты посевов от этого заболевания [2].

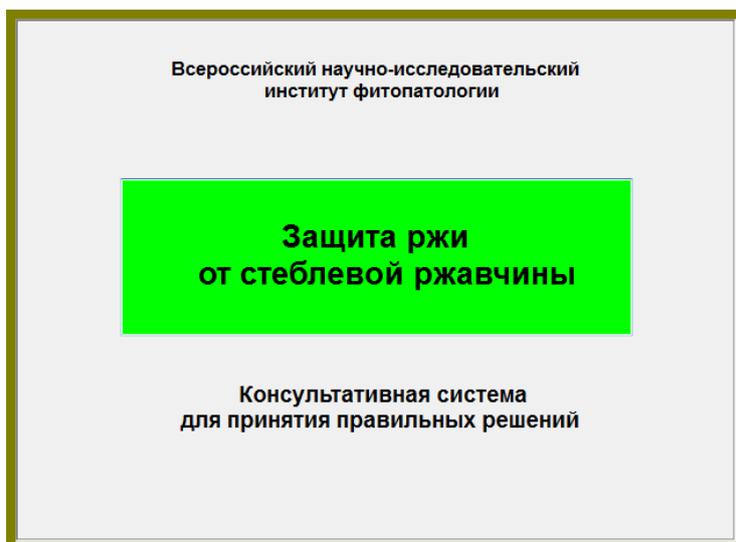


Рис. 1. Заставка программы «Защита ржи от стеблевой ржавчины»

Исходные данные имеет справочно-пояснительный характер для чего используется множество таблиц, рисунков и обширных пояснительных сведений к ним. Все данные о: возбудителе стеблевой ржавчины, её диагностик, этиологии и эпифитотиологии, о развитии болезни в весенне-летний период, о способах оценки потерь урожая, методиках организации агроэкологических и фитосанитарных наблюдений и мерах защиты выполнены в формате .htm. Все данные оформлены в виде стандартно выпадающих книжных страниц.

Войти в файл справки можно по клику на значок ВНИИФ, появляющегося в правом нижнем углу экрана или в ходе выполнения программы через диалог вызова конкретной справочной информации.

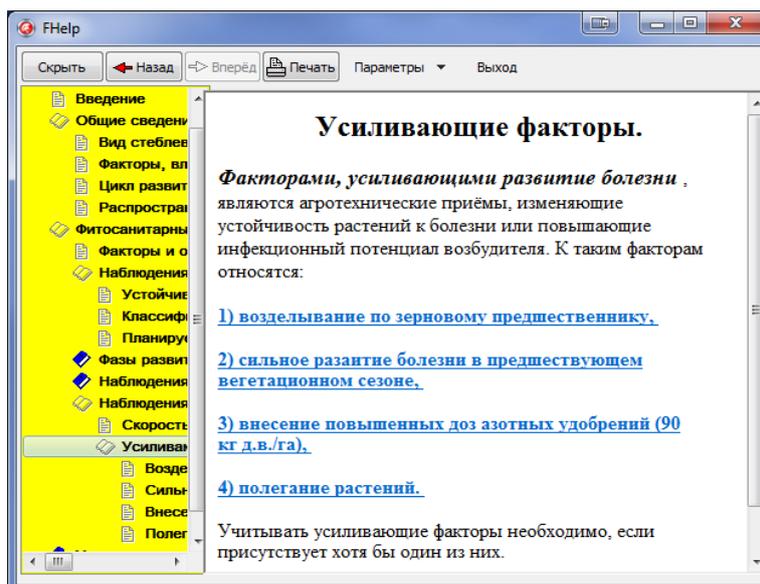


Рис. 2. Окно справки

Первоначально программа запрашивает общую информацию об обнаружении стеблевой ржавчины и о том, проводились ли защитные опрыскивания. Далее диалог переключается на выявление специфических особенностей в выбранной фазовой генерации и степени поражения ржи:

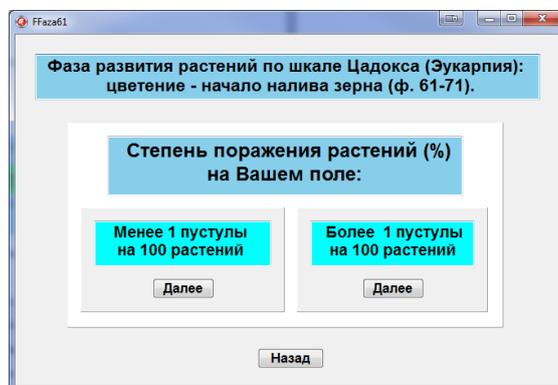


Рис. 3. Окно выбора степени поражения ржи стеблевой ржавчиной

Затем нужно определиться с восприимчивостью сорта к данному заболеванию:

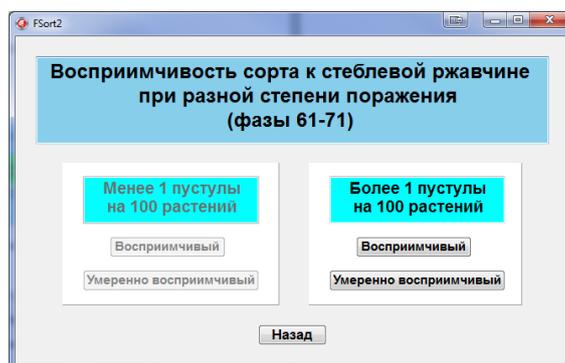


Рис. 4. Выбор восприимчивости сорта

Следующим шагом является учёт благоприятности погодных условий для развития стеблевой ржавчины:

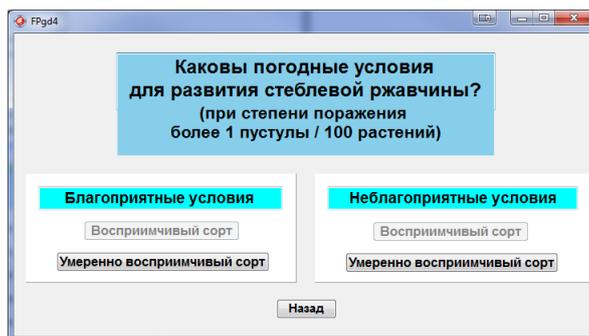


Рис. 5. Окно выбора погодных условий

После ввода данных о погодных условиях, программа запрашивает сведения об усиливающих болезнь факторах и затем переходит к рассмотрению величины планируемого урожая в зависимости от наличия усиливающих факторов:

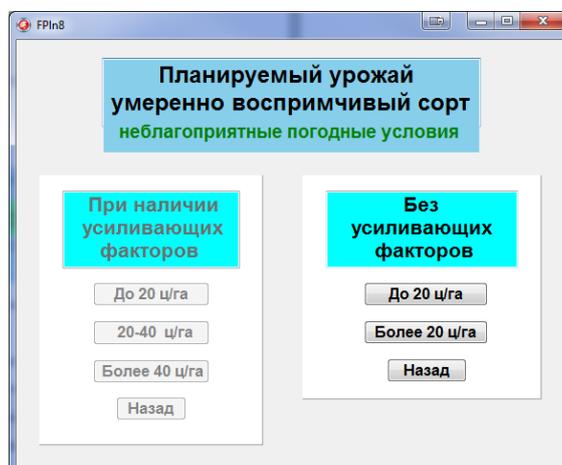


Рис. 6. Окно выбора величины планируемого урожая

В заключении программа выдаёт список выбранных фитосанитарных параметров и на этой основе формулирует решение о проведении защитных мероприятий:

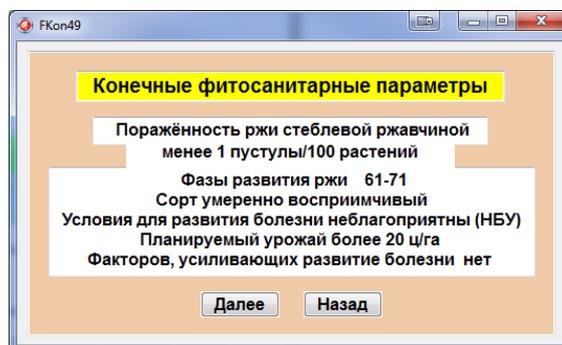


Рис. 7. Перечень всех введённых параметров

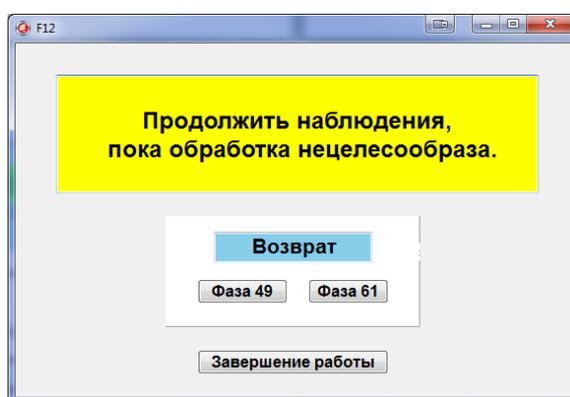


Рис. 8. Формулировка решения на основе введённых параметров

Программа прошла регистрацию в патентном ведомстве. Она может быть использована любыми заинтересованными лицами, как для практического применения, так и в качестве справочного пособия.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Концептуальные направления развития научно-инновационного проекта «Рожь России». В.А. Сысуев, Л.И. Кедрова, Н.Е. Рубцова, З.В. Русаков, И.А. Устюжанин, Е.И. Уткина. // Достижения науки и техники АПК //, 2015, т. 29, № 11, 28–31.

2. Никифоров Е.И, Санин С.С. Защита ржи от стеблевой ржавчины. Свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ, № 2024666578, 2024.

#### REFERENCE AND CONSULTATION SYSTEM «PROTECTION OF RYE AGAINST STEM RUST»

Nikiforov E.V., Sanin S.S.

*Russian Research Institute of Phytopathology Moscow region Summary*

**Annotation:** This paper describes computer model for protection of rye against stem rust. Model include big set of agricultural and phitopathologic parameters, which were recieved in field conditions and also it has three consulting systems. Basis is the level of rye infestation in one or another phase of its development within predetermined limits. The entire system is viewed in dialog mode. The result is the right decision on the type of protection. Development environment DelphiXE2 with HTML.

**Key words:** reference and advisory system, computer program, rye, rye protection, stem rust.

# НОВЫЕ РЕГУЛЯТОРЫ РОСТА РАСТЕНИЙ – ПРОИЗВОДНЫЕ ЭТИЛЕНДИМОЧЕВИНЫ (EDU)

Ощепков М.С.<sup>1,2\*</sup>, Горунова О.Н.<sup>2</sup>, Быстрова Н.А.<sup>2</sup>, Кочетков К.А.<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, 125047, Москва, Миусская пл., 9, Россия, \*E-mail: oshchepkov.m.s@muctr.ru

<sup>2</sup>Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова РАН, 119991 Москва, ул. Вавилова, 28, Россия, \*E-mail: const@ineos.ac.ru

**Аннотация:** Синтезированы новые производные этилендимочевины (EDU) N-[2-(2-оксоимидазолидин-1-ил)этил]-N'-(3-хлорфенил)мочевина (E1), 2-(2-оксоимидазолидин-1-ил)этил-N-(3-хлорфенил) карбамата (E2), 2-(2-оксоимидазолидин-1-ил)этил-N-фенилкарбамата (E3), N-[2-(2-оксо-1-имидазолидинил)этил]-N'-фенилмочевина (E4). Изучено их влияния на рост и развитие семян пшеницы (*Triticum aestivum L.*) в лабораторных экспериментах и полевых испытаниях. Для соединений E1-E4 были получены и проанализированы результаты исследования: потенциала прорастания семян, всхожесть, показателей роста (первичные, боковые корни и высота побега). В ходе лабораторных экспериментов и полевых испытаний соединения продемонстрировали высокую рост регулирующую активность по сравнению с широко используемыми аналогами, такими как CCC и TDZ.

**Ключевые слова:** производные этилендимочевины, всхожесть; тидиазурон; хлорхолин-хлорид; полевые испытания

## ВВЕДЕНИЕ

Засуха, жара, холод, переувлажнение, засоление, а также физические и химические факторы негативное влияние на производство сельскохозяйственных культур и ставит под угрозу продовольственную безопасность во всем мире [Rezae, 2023].

Для улучшения всхожести семян, увеличения урожайности сельскохозяйственных культур в последнее время используют регуляторы роста растений (PGR) на основе производных мочевины, производство и спрос на которые удвоится в течение следующего десятилетия. N-[2-(2-оксо-1-имидазолидинил)этил]-N'-фенилмочевина или этилендимочевина (EDU) занимает особое место в линейке производных мочевины. Она состоит из двух компонентов: имидазолидинона и остатка N-фенилмочевины, соединенных коротким линкером.

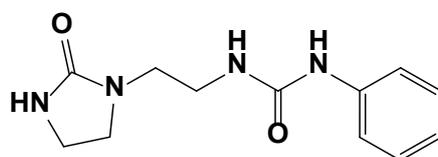


Рис. 1. Структурная формула этилендимочевины –  
N-[2-(2-оксо-1-имидазолидинил)этил]-N'-фенилмочевина (EDU)

EDU используется для защиты растений от тропосферного озона ( $O_3$ ), содержание которого в воздухе значительно возросло за последние тридцать лет [Gupta, 2020]. Повышенная концентрация тропосферного озона снижает урожайность сельскохозяйственных культур из-за окислительного стресса. EDU смягчает вредные последствия окислительного стресса, улучшает фотосинтез и рост, а также увеличивает биомассу и урожайность. Было установлено, что норма внесения EDU [Agathokleous, 2022], необходимая для защиты растений от озона, зависит от особенностей культуры и окружающей среды и обычно составляет от 0,02 до 3,0 кг на гектар. EDU можно вносить в почву [Singh, 2015] или использовать для опрыскивания листьев [Agathokleous, 2022]. По своим биологическим свойствам EDU в концентрации  $2 \times 10^{-5}$  М [Lee, 1982] обладает цитокиноподобной активностью и относится к природным адениновым соединениям, таким как кинетин (KIN) [Rizwan, 2021].

**Основной целью** работы было получение новых производных этилендимочевины и изучение их влияния на рост и развитие семян пшеницы (*Triticum aestivum* L.) в лабораторных и полевых экспериментах.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Арилмочевины и арилкарбаматы: N-[2-(2-оксоимидазолидин-1-ил) этил]-N'-(3-хлорфенил)мочевина (E1), 2-(2-оксоимидазолидин-1-ил)этил-N-(3-хлорфенил) карбамата (E2), 2-(2-оксоимидазолидин-1-ил) этил-N-фенилкарбамата (E3), N-[2-(2-оксо-1-имидазолидинил)этил]-N'-фенимочевина (E4) были синтезированы реакцией имидазолидинозамещенного амина или спирта с соответствующими арилизотиоцианатами в присутствии триэтиламина в безводном толуоле (для арилмочевин) или ацетонитрила (для арилкарбаматов), как описано в [Kalistratova, 2020]. Структура гибридных соединений (E1–E4) была подтверждена с помощью  $^1H$  и  $^{13}C$  ЯМР-спектроскопии, масс-спектрометрии и элементного анализа. Чистота продуктов составила от 95 до 99%, что было установлено с помощью ВЭЖХ-МС.

Тидиазурон или 1-фенил-3-(1,2,3-тиадиазол-5-ил)мочевина (TDZ) (CAS 51707-55-2) – аналог для лабораторных экспериментов и хлорхолинхлорид (CCC) (CAS 999-81-5) – аналог для полевых испытаний, были приобретены в компании Sigma-Aldrich.

Лабораторные испытания проводили с использованием семян яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) сорта «Агата<sup>®</sup>» № 8853479 по ранее описанной методике [Kochetkov, 2023] с четырехкратным повтором в камерах для роста растений.

Полевые испытания проводились в 2022 году на экспериментальном участке ООО «Жито» в Октябрьском районе Рязанской области, Россия,

54.609836° с. ш., 39.80188° в. д. Семена «АГАТА»® (№ 8853479) высевали из расчета 300 семян/м<sup>2</sup> (10,8±0,07 г) в дерново-подзолистую, тяжелосуглинистую почву. Перед посевом минеральные удобрения не вносились. Площадь экспериментальных участков составляла 100 м<sup>2</sup>, а количество повторений – четыре. Экспериментальный участок был разделён на двенадцать равных полос, расположенных в шахматном порядке и не соприкасающихся друг с другом. Семена пшеницы высаживали вручную. Для каждого участка в фазы кущения и выхода в трубку побеги пшеницы опрыскивали раствором тестовых соединений и ССС.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Предварительные исследования показали, что концентрацией тестированных производных EDU 10<sup>-5</sup>М является оптимальной для проведения лабораторных исследований. Тидиазурон – 1-фенил-3-(1,2,3-тиадиазол-5-ил)мочевины (TDZ) был выбран в качестве аналога, который является структурным аналогом соединений E<sub>1</sub>-E<sub>4</sub> и содержит фрагмент фенилмочевины. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1

### Результаты лабораторных испытаний соединений E<sub>1</sub>-E<sub>4</sub> и TDZ

	Потенциал прорастания	Всхожесть	Длина первичного корня, см	Количество корней	Длина боковых корней, см	Высота побегов, см
Контроль	51	75	–	4	6,5	12,4
E1	56	89	10,8	5	7,4**	12,6
E2	58**	86	10,2	5	7,2**	13,6
E3	55	84	11,3	6	7,2	14,5
E4	56	88	10,3	6	6,4**	13,6
TDZ	49	90	–	4	5,1	13,1

“Контроль” – в качестве контроля были взяты семена, помещенные в чашку Петри и обработанные только дистиллированной водой. \* – Статистически значимое отличие от контроля (вода) при  $p < 0,05$ . \*\* – Статистически значимое отличие от контроля (вода) при  $p < 0,01$ .

Прорастание семян – ключевой этап жизненного цикла растения. Первые 24 часа эксперимента проводились в темноте, чтобы имитировать развитие семян в естественной среде, в почве. Потенциал прорастания семян (Pr) рассчитывали через 24 часа в соответствии с формулой [Kochetkov, 2023]. Критерием оценки Gr является наличие корня (1–3 мм), поскольку он проникает через оболочку семян. Всхожесть (V) семян рассчитывалась на седьмой день по формуле, рекомендованной Международной ассоциацией по тестированию семян [ISTA].

Всхожесть семян, обработанных E1, E4 и TDZ была выше на 13–15%, чем у контроля.

Пшеница является самой выращиваемой культурой в мире. Засуха и периоды сильной жары являются основными факторами, ограничивающими урожайность в большинстве сельскохозяйственных регионов. Развитая архитектура корневой системы играет важную роль в адаптации растений к засухе [Vissenberg, 2020, Wang, 2018]. Известно, что корневая система состоит из двух типов корней: первичного корня и боковых корней. У побегов, обработанных E1–E4, наблюдается образование первичного корня и формирование боковых корней в отличие от контроля и побегов, обработанных TDZ. Это происходит потому, что исследуемые соединения относятся к цитокининподобным соединениям, которые приостанавливают развитие боковых корней и удлиняют главный корень [Xu, 2020, Kiebe, 2018].

Полевые испытания проходили одновременно с лабораторными экспериментами с использованием семян яровой пшеницы «AGATA». В качестве аналога в этом эксперименте использовали хлорхолинхлорид (ССС). Известно, что СССР является регулятором роста и применяется для снижения риска полегания зерновых культур за счет укорачивания междоузлий, увеличению прочности стебля и выравнивания стеблестоя [Lenton, 1987, Appleford, 1991]. Результаты исследований в полевых условиях представлены в таблице 2.

Таблица 2

**Результаты полевых испытаний соединений E1–E4 и СССР**

	Высота растений, см	Кол-во растений, шт/м <sup>2</sup>	Кол-во продуктивных стеблей, шт/м <sup>2</sup>	Длина колоса, см	Кол-во зерен в колосе	Масса зерна с колоса, г	Масса 1000 зерен, г	Урожай кг/4 м <sup>2</sup>
Контроль	54.6	238	274	8.6	23.0	0,85	28,85	0,88
E1	56.7	256**	343**	8.1	22.7	0,87	31.45	1,34
E2	52.5	245*	304**	8.4	22.3	0,86	29.93	1,088
E3	51.0	248**	332**	8.9	22.2	0,88	29.36	1,084
E4	48.1	240	299**	8.9	22,5	0.82	29.01	0,88
ССС	53.8	254	307	8.55	22.0	0.83	31.85*	0,89

\* – Статистически значимое отличие от контроля (вода) при  $p < 0,05$ .

\*\* – Статистически значимое отличие от контроля (вода) при  $p < 0,01$ .

Определяющим фактором в формировании урожайности в опыте являются: число сохранившихся растений к уборке, густота продуктивного стеблестоя и продуктивная кустистость. Высота растений находилась в пределах 48,2–56,7 см. На опытных участках сформировалось 240–256 растений на м<sup>2</sup>. На контрольном варианте количество продуктивных стеблей составило – 247 шт/м<sup>2</sup>, с примене-

нием различных производных EDU прослеживается увеличение этого показателя ~ на 9,1–25,2%. Урожайность яровой пшеницы на контрольном участке составила 0,22 кг/м<sup>2</sup>. В целом применение производных EDU на яровой пшенице в вегетационный период 2022 года обеспечило получение прибавок урожая от 0,222 кг/м<sup>2</sup> до 0,335 кг/м<sup>2</sup>. Масса 1000 зерен на контрольном участке составила 28,85 г, применение исследуемых соединений превышало этот показатель ~ на 1,6–8,4%.

## ВЫВОД

Синтезированы новые производные этилендиамочевины (EDU) реакцией имидазолидинонзамещенного амина или спирта с соответствующими арилизоцианатами в присутствии триэтиламина. В ходе лабораторных исследований и полевых испытаниях все тестируемые соединения продемонстрировали рост регулирующей способностью по сравнению с широко используемыми стандартами, такими как ССС и TDZ. Фитосанитарное состояние посевов на обработанных участках производными EDU не изменялось, по сравнению с контролем. Внешний вид растений к моменту уборки урожая был лучше на делянках, обработанных соединениями E<sub>1</sub>–E<sub>4</sub>. Количество продуктивных стеблей, масса зерна с колоса и масса 1000 зерен являются определяющими показателями в формировании величины урожая зерна. Применение производных EDU способствовало их увеличению, по сравнению с контрольным вариантом. Результаты исследования показали, что применение исследуемых соединений способствовало повышению урожайности яровой пшеницы, максимальная прибавка которой была отмечена у E<sub>1</sub>. Прибавка урожая составила 0,115 кг/м<sup>2</sup> или на 52,27% больше по сравнению с контролем.

## БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена в рамках Государственного задания (тема № 075-00276-25-00 с использованием научного оборудования Центра коллективного пользования ИНЭОС РАН и РХТУ имени Д.И. Менделеева.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Agathokleous E., Kitao M., Shi C., Masui N., Abu-ElEla S., Hikino K., Satoh F., Koike T. Ethylenediurea (EDU) spray effects on willows (*Salix sachalinensis* F. Schmid) grown in ambient or ozone-enriched air: Implications for renewable biomass production. *J. For. Res.* 2022, 33, 397–422.

2. Agathokleous E.; Kitao M., Shi C., Masui N., Abu-ElEla S., Hikino K., Satoh F., Koike T. Ethylenediurea (EDU) spray effects on willows (*Salix sachalinensis*

F. Schmid) grown in ambient or ozone-enriched air: Implications for renewable biomass production. *J. For. Res.* 2022, 33, 397–422.

3. Appleford N.E.J., Lenton J.R. Gibberellins and leaf expansion in near-isogenic wheat lines containing Rht1 and Rht3 dwarfing alleles. *Planta* 183, 229–236 (1991).

4. Gupta S.K., Sharma M., Majumder B., Maurya V.K., Deeba F., Zhang J.-L. Pandey V. Effects of Ethylenediurea (EDU) on Regulatory Proteins in Two Maize (*Zeamays L.*) Varieties under High Tropospheric Ozone Phytotoxicity. *PlantPhysiol. Biochem.* 2020, 154, 675–688.

5. ISTA, Chapter 1: Certificates. *Int. Rules Seed Test.* 2023, 2023, i- 1–14.

6. Kalistratova A.V., Kovalenko L.V., Oshchepkov M.S., Gamisoniya A.M., Gerasimova T.S., Demidov Y.A., Akimov M.G. Synthesis of New Compounds in the Series of Aryl-Substituted Ureas with Cytotoxic and Antioxidant Activity. *Mendeleev Commun.* 2020, 30, 153–155.

7. Kieber J.J., Schaller G.E. Cytokinin Signaling in Plant Development. *Development* 2018, 145, dev149344.

8. Kochetkov K.A., Gorunova O.N., Bystrova N.A. Biologically Oriented Hybrids of Indole and Hydantoin Derivatives. *Molecules* 2023, 28, 602–610.

9. Lee E.H., Chen C.M. Studies on the Mechanisms of Ozone Tolerance: Cytokinin-like Activity of N-[2-(2-Oxo-1-Imidazolidinyl)Ethyl]N'-Phenylurea, a Compound Protecting against Ozone Injury. *Physiol. Plant.* 1982, 56, 486–491.

10. Lenton J.R., Hedden P., Gale M.D. Gibberellin insensitivity and depletion in wheat – consequences for development. In *Hormone Action in Plant Development: A Critical Appraisal*, (eds. G.V. Hoad, J.R. Lenton, M.B. Jackson and R.K. Atkin), Butterworths, London, 1987, 145–160.

11. Rezaei E.E., Webber H., Asseng S., Boote K., Durand J.L., Ewert F., Martre P., MacCarthy D.S. Climate change impacts on crop yields. *Nat. Rev. Earth Environ.* 2023, 4, 831–846.

12. Rizwan A., Riffat Y., Madiha M., Ambreen A., Mazhar M., Rehman A., Umbreen, S., Ahmad M. Phytohormones as Plant Growth Regulators and Safe Protectors against Biotic and Abiotic Stress. *Plant Cell Rep.* 2021, 40, 1301–1303.

13. Singh A.A., Singh, S., Agrawal M., Agrawal S.B. Assessment of Ethylene Diurea-Induced Protection in Plants Against Ozone Phytotoxicity. In *Reviews of Environmental Contamination and toxicology*; Whitacre D.M., Ed.; Springer International Publishing: Cham, Switzerland, 2015; Volume 233, pp. 129–184; ISBN 978-3-319-10479-9.

14. Vissenberg K., Claeijs, N., Balcerowicz, D., Schoenaers, S. Hormonal Regulation of Root Hair Growth and Responses to the Environment in *Arabidopsis*. *J. Exp. Bot.* 2020, 71, 2412–2427.

15. Wang Y., Zhang T., Wang R., Zhao Y. Recent Advances in Auxin Research in Rice and Their Implications for Crop Improvement. *J. Exp. Bot.* 2018, 69, 255–263.

16. Xu D., Watahiki M.K., Xu D., Watahiki M.K. *Phytohormone-Mediated Homeostasis of Root System Architecture*; Intech Open: London, UK, 2020; ISBN 978-1-78984-747-5.

## NEW PLANT GROWTH REGULATORS – ETHYLENEDIUREA DERIVATIVES (EDU)

Oshchepkov M.S.<sup>1,2\*</sup>, Gorunova O.N.<sup>2</sup>, Bystrova N.A.<sup>2</sup>, Kochetkov K.A.<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>*D.I. Mendeleev Russian University of Chemical Technology,*

*\*E-mail: oshchepkov.m.s@muctr.ru*

<sup>2</sup>*A.N. Nesmeyanov Institute of Organoelement Compounds,*

*Russian Academy of Sciences, \*E-mail: const@ineos.ac.ru*

**Abstract:** New ethylenediurea derivatives (EDU) were synthesized: N-[2-(2-oxoimidazolidin-1-yl)ethyl]-N'-(3-chlorophenyl) urea (E1), 2-(2-oxoimidazolidin-1-yl)ethyl-N-(3-chlorophenyl) carbamate (E2), 2-(2-oxoimidazolidin-1-yl)ethyl-N-phenylcarbamate (E3), N-[2-(2-oxo-1-imidazolidinyl)ethyl]-N'-phenylurea (E4). Their effects on the growth and development of wheat seeds (*Triticum aestivum L.*) were studied in laboratory experiments and field trials. For compounds E1-E4, the results of the study were obtained and analyzed: seed germination potential, germination, growth indicators (primary, lateral roots, and shoot height). During laboratory experiments and field trials, the compounds demonstrated high growth-regulating activity compared to widely used analogues such as CCC and TDZ.

**Key words:** ethylenediurea derivatives, germination; thidiazuron; chlorocholine chloride; field trials.

# ИЗМЕНЕНИЕ АРЕАЛОВ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВОЗБУДИТЕЛЕЙ СЕПТОРИОЗА НА ПОСЕВАХ ПШЕНИЦЫ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ В УСЛОВИЯХ ПОТЕПЛЕНИЯ КЛИМАТА

Пахолкова Е.В., Сальникова Н.Н.

*Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии,  
Большие Вяземы, Россия, epaholkova@mail.ru*

**Аннотация:** Многолетние исследования видового состава возбудителей септориоза, проводимые во ВНИИ фитопатологии в течение 40 лет, позволили выявить ареалы их распространения на территории России. Географическая зональность ареалов объясняется рядом взаимосвязанных факторов, основными из которых являются биологические особенности патогенов, их требования к условиям окружающей среды, тип развития пшеницы (озимая или яровая форма), обуславливающий условия перезимовки патогенов. Наблюдающийся факт глобального потепления уже сказывается на изменении ареалов распространения основных возбудителей септориоза. В отдельных регионах страны отмечается нарастание частоты встречаемости вида *Z. tritici*.

**Ключевые слова:** септориоз, частота встречаемости, озимая и яровая пшеница, климат, регионы.

## ВВЕДЕНИЕ

Происходящее в настоящее время глобальное потепление проявляется в устойчивом росте температуры воздуха, особенно в холодный период года, что приводит к увеличению теплообеспеченности и продолжительности вегетационного периода, а также в повышении количества осадков в осенне-зимний период вегетации. По прогнозам, к середине XXI столетия климатические изменения вызовут рост среднегодовых температур приблизительно на 2 °С. По расчетам Росгидромета, в России средняя годовая температура растёт в 2,5 раза быстрее, чем во всем мире. Наиболее активно потепление идет в северных районах РФ. <https://tass.ru/spec/climate>.

В условиях изменения климата популяции фитопатогенных грибов также перестраиваются. Глобальное потепление ведет к распространению термофильных видов грибов с юга на север. При изменении температуры окружающей среды может происходить смена доминирования видов [1].

Септориоз – этиологически сложное заболевание пшеницы, возбудителями которого является комплекс грибов. Основные из них – это *Parastagonospora nodorum* (Berk.) Quaedvl., Verkley & Crous., *Zymoseptoria tritici* (Robergeex Desm. Quaedvl. & Crous.) и *Parastagonospora avenae* f. sp. *triticea* (Shoem. & C.E. Babc.).

Каждый из них имеет свои эпидемиологические особенности и обладает более или менее выраженной органотропной и онтогенетической приуроченностью. *Z. tritici*, главным образом, поражает листья и интенсивнее развивается в период кущения-трубкования, предпочитая молодые ткани. Для прорастания его конидий необходимо сохранение высокой влажности в течение не менее 12 ч, а для проникновения в лист – 24 ч. [2]. Виды *P. nodorum* и *P. avenae* f. sp. *triticea* поражают листья, стебли и колос, при этом интенсивнее развиваются во второй половине вегетации примерно после фазы колошения, менее зависимы от температуры и влажности [3, 4].

Многолетние исследования видового состава возбудителей септориоза на посевах пшеницы, проводимые во ВНИИ фитопатологии в течение почти 40 лет, выявили ареалы их распространения на территории России. Географическая зональность их встречаемости обусловлена рядом взаимосвязанных факторов, основными из которых являются биологические особенности патогенов и их требования к условиям окружающей среды, а также тип развития культуры (озимая и яровая форма). Длительный период наблюдений позволил заметить динамику в представленности видов и тенденции изменения границ ареалов их распространения.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В течение вегетационных сезонов 1986–2024 гг. проводили обследования посевов и сбор пораженных образцов озимой и яровой пшеницы на территории основных зернопроизводящих регионов России. В лабораторных условиях путем микроскопического анализа определяли вид возбудителя септориоза по форме и размеру спор.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Ареалы наибольшего распространения вида *Z. tritici* с частотой встречаемости от 63,2 до 82,5% включают Северокавказский, Центрально-Черноземный и Поволжский регионы. Вид *P. nodorum* уверенно доминирует в Западносибирском регионе (64,4%). На остальной территории соотношение видов *Z. tritici* и *P. nodorum* близко к 1:1. Вид *P. avenae triticea* встречается в меньшем количестве (4,2–17,3%) и не имеет выраженной региональной приуроченности (Рис. 1).

Однако наблюдения показывают, что ареалы возбудителей септориоза меняются. Постепенно происходит увеличение частоты встречаемости вида *Z. tritici* в отдельных регионах России. Например, в последние 7 лет он стабильно доминирует на пшенице в Центральном районе, где ранее отмечался примерно в равном соотношении с *P. nodorum* (Рис. 2).

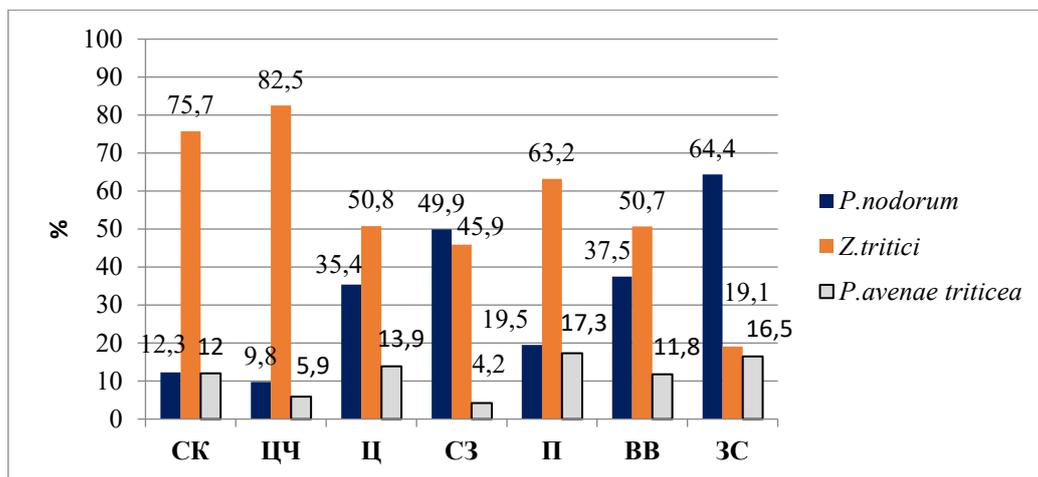


Рис. 1. Частота встречаемости видов возбудителей септориоза в регионах России по средним многолетним показателям (1986-2024 гг): СК – Северокавказский, ЦЧ – Центрально-Черноземный, Ц – Центральный, СЗ – Северо-Западный, П – Поволжский, ВВ – Волго-Вятский, ЗС – Западносибирский

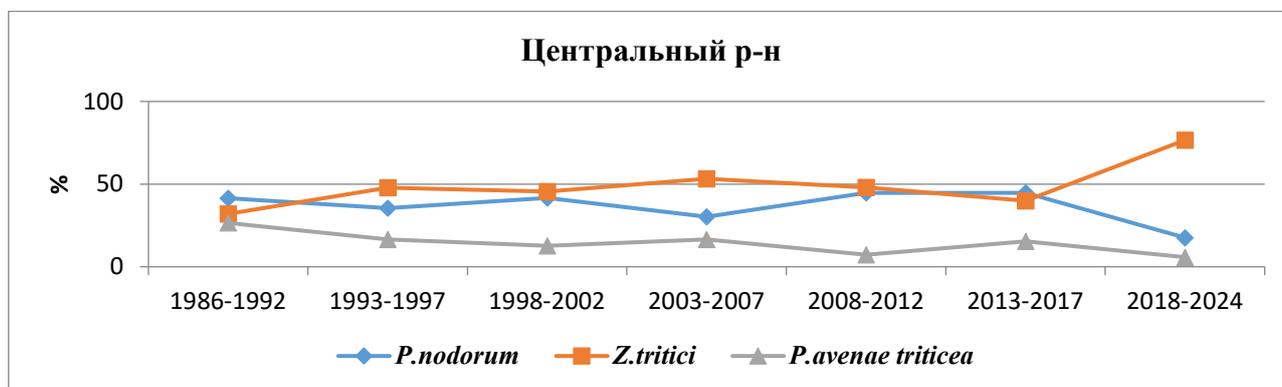


Рис. 2. Динамика частоты встречаемости возбудителей септориоза на посевах пшеницы в Центральном регионе РФ

Тенденция к увеличению частоты встречаемости *Z. tritici* хорошо прослеживается также в Северо-Западном и Волго-Вятском районах (рис. 3, 4).

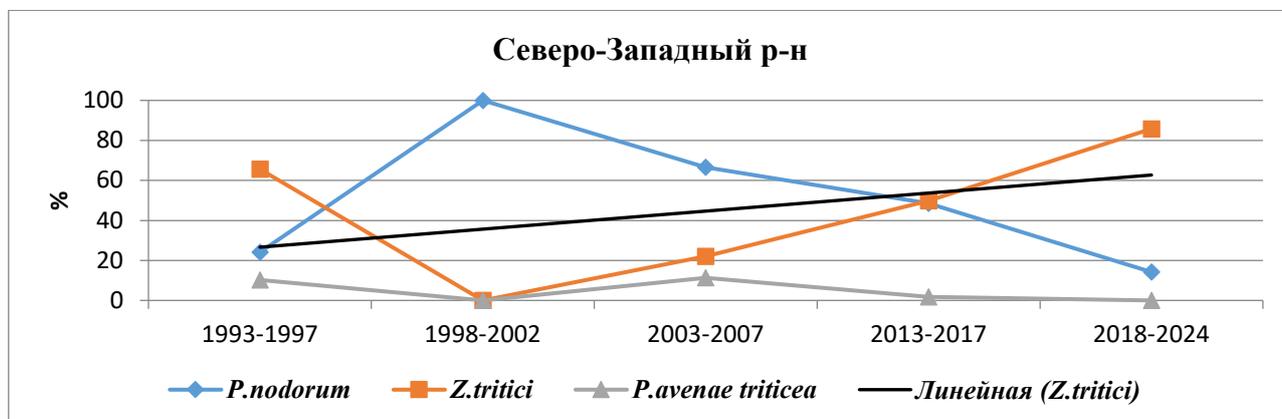


Рис. 3. Динамика частоты встречаемости возбудителей септориоза на посевах пшеницы в Северо-Западном регионе РФ

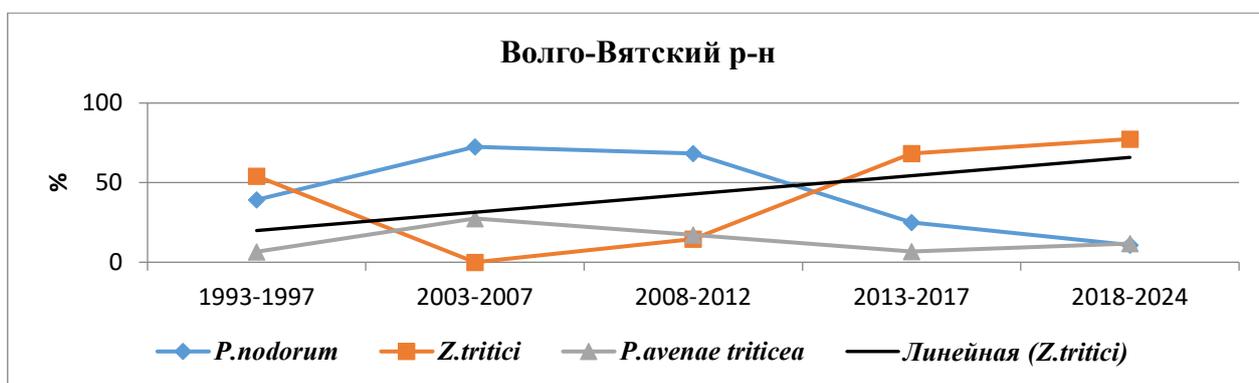


Рис. 4. Динамика частоты встречаемости возбудителей септориоза на посевах пшеницы в Волго-Вятском регионе РФ

М.М. Левитин [1], отмечая смещение ареала распространения на север южных видов грибов, также указывал, что вид *Z. tritici* стал основным патогеном на пшенице в северо-западной зоне. Температура – важный показатель, влияющий на характер роста и развитие гриба. Как известно, инфекция *Z. tritici* является высоко зависимой от температуры, однако данный вид нельзя отнести к теплолюбивым. Оптимальная температура для прорастания конидий и заражения составляет +21–22 °С, а для развития инфекции – +16–17 °С [5]. А вот условия перезимовки играют существенную роль. Наличие молодых зеленых хорошо раскустившихся посевов озимой пшеницы обеспечивает благоприятный микроклимат для осеннего развития инфекции *Z. tritici*, которая зимует на растении-хозяине и весной дает новые циклы бесполой репродукции. На посевах яровой пшеницы условия для перезимовки складываются менее удачно, так как гриб имеет возможность зимовать только на стерне и растительных остатках, что чаще всего приводит к его гибели. В связи с этим, на яровых посевах больше распространен вид *P. nodorum*, способный лучше сохраняться на растительных остатках и в семенах.

В указанных выше регионах частота встречаемости *Z. tritici* коррелировала с количеством проанализированных образцов озимой и яровой пшеницы: с увеличением доли озимых она возрастала (Табл. 1).

Таблица 1

**Частота встречаемости *Z. tritici* и количество проанализированных образцов озимой и яровой пшеницы (2003–2024 гг.), %**

%	Периоды наблюдений			
	2003–2007	2008–2012	2013–2017	2018–2024
<b>Центральный р-н</b>				
Частота встречаемости <i>Z. tritici</i>	53,3	48,0	39,9	76,6
Кол-во образцов озимой пшеницы	276	183	152	255
Кол-во образцов яровой пшеницы	34	12	54	33

%	Периоды наблюдений			
	2003–2007	2008–2012	2013–2017	2018–2024
<b>Северо-Западный р-н</b>				
Частота встречаемости <i>Z. tritici</i>	22,1	–	49,8	85,8
Кол-во образцов озимой пшеницы	13	–	26	29
Кол-во образцов яровой пшеницы	11	–	0	3
<b>Волго-Вятский р-н</b>				
Частота встречаемости <i>Z. tritici</i>	0	14,6	68,3	77,4
Кол-во образцов озимой пшеницы	0	17	10	69
Кол-во образцов яровой пшеницы	7	62	1	4

Приуроченность вида *Z. tritici* к озимой пшенице определяет ареалы его распространения. Современные регионы выращивания озимой и яровой формы пшеницы формировались с учетом природно-климатических особенностей и исторических традиций земледелия. В Северо-Кавказском и Центрально-Черноземном районах, где растения успешно переносят период зимовки, под озимыми занято более 80–90% всех площадей пшеницы. Яровую пшеницу здесь возделывают в незначительном объеме, как страховую культуру на случай гибели озимых. Доля озимой пшеницы в Центральном и Поволжском районах составляет более 60%. На производстве яровых сортов традиционно специализируется Нечерноземная зона, левобережье Поволжского района, Северо-Западный, Волго-Вятский районы и Сибирь, где их доля в структуре посевных площадей пшеницы составляет более 50–90%.

Потепление климата повышает обеспеченность теплом и влагой в осенний период. Даты первых осенних заморозков сдвигаются на более позднее время, что приводит к затягиванию вегетации озимых зерновых культур. Условия их зимовки становятся более мягкими. Все это открывает новые географические перспективы не только перед озимыми сортами, но также и перед патогенами, зимующими на них. Достаточная обеспеченность водой в сочетании с повышенной температурой ведет к повышению относительной влажности воздуха. В этом плане продолжительная теплая осень с достаточным количеством влаги, умеренно тёплые зимы благоприятно влияют на выживаемость *Z. tritici* на растениях озимых. Смещение границ земледелия на север и расширение площадей под озимой культурой в связи с меняющимися климатическими условиями неизменно повлечет за собой изменение видовой структуры региональных популяций возбудителей септориоза. Предполагается увеличение распространения и усиление эпифитотийной опасности *Z. tritici* на более северных территориях РФ, в частности, в Волго-Вятском и Северо-Западном регионах в связи с более интенсивным внедрением в производство озимых сортов пшеницы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Левитин М.М. Микроорганизмы в условиях глобального изменения климата // Сельскохозяйственная биология. – 2015. – Т. 50. – № 5. – С. 641–647.
2. A.M. Magboul, S. Geng, D.G. Gilchrist, and L.F. Jackson 1992 “Environmental Influence on the Infection of Wheat by *Mycosphaerella graminicola*” *Phytopathology* 82: 1407–1413.
3. Shah D.A., Bergstrom G.C., Ueng P. P. Foci of *Stagonospora nodorum* blotch in winter wheat before canopy development. // *Phytopathology*. – 2001. – vol. 91. – 7. – P. 642–647.
4. Пыжикова Г.В. Септориоз зерновых культур / Москва – ВНИИТЭИСХ. 1984. 65 с.
5. Eyal Z., Scharen A.L., Prescott J.M. Septorioses de la gluma (*Leptosphaeria nodorum* – *Septoria nodorum*) y septorioses de la hoja (*Mycosphaerella graminicola* – *Septoria tritici*). Enfermedades del trigo. Metodos y Conceptos. Santiago – Chili. – 1983.

## CHANGES IN THE DISTRIBUTION AREAS OF SEPTORIA CAUSES IN WHEAT CROPS IN RUSSIA IN A WARMING CLIMATE

Pakholkova E.V., Salnikova N.N.

*All-Russian Research Institute of Phytopathology,  
Bolshie Vyazemy, Russia, epaholkova@mail.ru*

**Abstract:** Long-term studies of the species composition of septoria pathogens conducted at the All-Russian Research Institute of Phytopathology over the past 40 years have revealed their distribution areas in Russia. The geographical zoning of these areas is influenced by a number of interrelated factors, including the biological characteristics of the pathogens, their environmental requirements, and the type of crop development (winter or spring wheat), which affects the overwintering conditions of the pathogens. The ongoing global warming is already affecting the distribution patterns of the main septoria pathogens. In some regions of the country, the frequency of occurrence of the *Z. tritici* species is increasing.

**Keywords:** septoria, incidence rate, winter and spring wheat, climate, regions.

# ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ НА РАСШИРЕНИЕ АРЕАЛОВ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В РОССИИ

Подковыров И.Ю.

*Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии,  
Большие Вяземы, Россия, phytocent@bk.ru*

**Аннотация:** Современные тенденции региональных климатических изменений затрагивают разные сферы сельскохозяйственного производства. При разработке приёмов защиты растений при возделывании культур с расширяющимся ареалом наиболее актуален анализ фитосанитарных рисков, которые возникают в результате распространения патогенных организмов, вредителей и сорных растений в новые регионы. Данные процессы требуют разностороннего исследования и оценки влияния на окружающую среду в сочетании с производственной деятельностью, что позволит разработать механизмы управления. В настоящее время переосмыслена роль влияния климатических изменений в определении стратегий развития, как растениеводства, так и защиты растений в целях решения вопросов продовольственной безопасности.

**Ключевые слова:** ареалы возделывания, климатические изменения, патогенные организмы, энтомофаги, вредители, южные культуры.

## ВВЕДЕНИЕ

Глобальный тренд климатических изменений связан с повышением температур в умеренных и северных широтах, что фиксируется многолетними метеорологическими наблюдениями на территориях разных стран, в том числе и России [1]. Его влияние на сельскохозяйственное производство ещё только предстоит исследовать. Однако, уже в настоящее время стало возможным возделывание южных культур в более северных районах [2]. За период с 1980 по 2025 годы устойчивое расширение ареалов отмечается для подсолнечника, кукурузы, черешни, томатов и других растений. Это влечёт изменения в стратегиях развития регионального сельского хозяйства, планировании севооборотов и площадей, а также объёмов и мощностей для переработки [3, 4]. Существующие технологии возделывания уже не обеспечивают гарантированного урожая, что требует их адаптации к новым климатическим условиям. При этом, основные риски связаны с сохранением урожая и обеспечением его надёжной защиты от болезней и вредителей [5].

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Целью являлся анализ влияния глобального тренда климатических изменений на расширение ареалов возделывания культур и распространённость вредителей и болезней растений в условиях Европейской территории России для оценки будущих фитосанитарных рисков. Исследования изменений в распространённости болезней и вредителей выполнены в полевых условиях на территориях Республики Дагестан, Краснодарского края, Волгоградской и Московской областей в 2019–2025 годах. Фитосанитарные риски в виде моделей потенциального возможного распространения отдельных биологических видов в эколого-климатической системе Махент. Определение наличия возбудителей инфекционных болезней проводили на отобранных образцах растений в лаборатории фитопатологии интродуцентов ФГБНУ ВНИИФ методом посевов на питательные среды и дальнейшей диагностики возбудителей.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В изменившихся климатических условиях границы ареалов промышленного возделывания стратегически важных сельскохозяйственных культур продвинулись на север. Ретроспективный анализ показал наличие таких изменений в отношении следующих сельскохозяйственных культур (табл. 1).

Таблица 1

### Изменения границ ареалов возделывания южных культур с 1980 по 2025 гг.

Культура	Граница ареала устойчивого возделывания, параллель северной широты		Граница ареала возможного возделывания, параллель северной широты	
	в 1980 г.	в 2025 г.	в 1980 г.	в 2025 г.
Подсолнечник	47	50	48	52
Кукуруза	47	50	48	49
Черешня	48	51	50	52
Томат	48	52	50	52
Арбуз	48	50	49	51

Расширение ареалов возделывания связано, прежде всего, с селекционной адаптацией сортов и гибридов в направлении сроков вегетации и холодостойкости. Значительно расширился ассортимент созданных раннеспелых сортов (гибридов) с периодом вегетации 70–90 дней, что укладывается в климатические нормы до 51–51 параллели северной широты. Из 742 сортов и гибридов подсолнечника, зарегистрированных в Государственном реестре селекционных дости-

жений, допущенных к использованию в 2025 году, к раннеспелой группе относятся 78 или 10,5%. Из зарегистрированных 1806 сортов (гибридов) томата, раннеспелыми являются 1004 или 55,6%. Для арбуза доля ранних гибридов 74,3%.

Климатические изменения привели к отсутствию безморозного периода на приморских территориях Республики Дагестан, в результате чего нарушается цикл яровизации посевов озимой пшеницы.

Расширение ареалов производства южных культур в северном направлении создаёт условия для развития как для новых экономических ниш в регионах, так и способствует перемещению вредителей и патогенных организмов. Выявлены многочисленные факты, например:

Вредитель томатов *Tuta absoluta* в 2018–2019 года отмечался нами на территории Республики Дагестан (Каякентский район), а в 2024–2025 годах уже на территории Волгоградской области.

*Dactylosphaera vitifoliae* в 2023 году была выявлена на территории Волгоградской области.

Многоядный вредитель *Trialeurodes vaporariorum* с развитием защищённого грунта в Краснодарском крае, Волгоградской области в летний период распространяется на прилегающих к тепличным комбинатам территориях, а в зимний период сохраняется в защищённом грунте.

Эколого-климатическое моделирование в Maxent выявило потенциальные риски инвазий интродуцированных в защищённом грунте видов энтомофагов *Trichogramma* и *Habrobracon* (рис. 1).

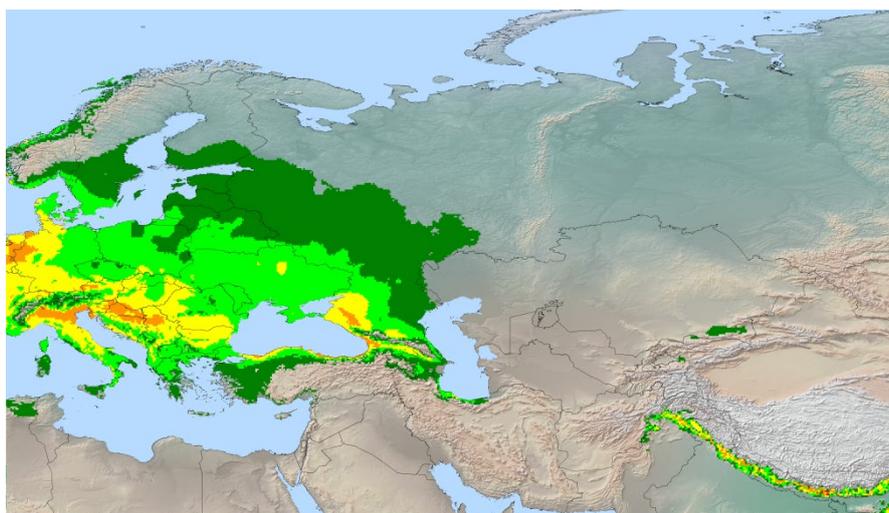


Рис. 1. Модель территорий потенциально возможного распространения *Habrobracon* в результате климатических изменений

Интродукция новых южных сортов яблони в хозяйства Волгоградской области спровоцировала появление бактериального ожога и фузариоза, которые от-

мечены как в садах Волго-Ахтубинской поймы, так и Волго-Донского междуречья. Наиболее подвержены болезням оказались сорта Хоней Крисп и Гала, на которых распространённость бактериального ожога достигала в 2020–2024 году 34,1%, а фузариоза – 12,5%.

Случаи нахождения южных сорных растений выявлены на территории Московской области. Например, в 2023 и 2024 годах отмечено появление *Cuscuta campestris*.

Таким образом, климатические изменения оказывают значительные изменения на региональное сельскохозяйственное производство. Возникают новые фитосанитарные угрозы, связанные с распространением вредоносных объектов. Возрастает актуальность комплексного исследования данной проблемы с целью разработки защитных мероприятий и предотвращения экономических потерь.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Виноградова В.В., Титкова Т.Б. Климатические предпосылки изменений границ ландшафтных зон и подзон в Европейской части России и Западной Сибири / В.В. Виноградова, Т.Б. Титкова // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2024. Т. 88. № 3. С. 281–295.

2. Магомедова З.О., Баташев Р.В. Продовольственная безопасность как важная составляющая экономической безопасности страны / З.О. Магомедова, Р.В. Баташев // Прикладные экономические исследования. 2023. № S2. С. 153–158.

3. Кадомцева М.Е. Методология оценки влияния глобального изменения климата на параметры обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации / М.Е. Кадомцева // Закономерности развития региональных агропродовольственных систем. 2023. № 1. С. 58–61.

4. Вертакова Ю.В. и др. Моделирование влияния климатических изменений на экономические показатели зернового производства / Ю.В. Вертакова, А.М.Кумратова, В.А.Плотников, Г.Е. Кокиева // Вестник Бурятского государственного университета. Экономика и менеджмент. 2023. № 4. С. 30–38.

5. Подковыров, И.Ю., Глинушкин, А.П., Свиридова, Л.Л. Возможность использования *Ulmus L.* для снижения вредоносности болезней пшеницы в засушливых условиях // Достижения науки и техники АПК. 2021. Т. 35. № 1. С. 26–30.

### IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON THE EXPANSION OF AREAS OF CULTIVATION OF AGRICULTURAL CROPS IN RUSSIA

Podkovirov I.Yu.

*All-Russian Research Institute of Phytopathology,  
Bolshie Vyazemy, Russia, phytocent@bk.ru*

**Abstract:** Current trends in regional climate change affect various areas of agricultural production. When developing plant protection techniques for growing crops with an expanding range, the most relevant is the analysis of phytosanitary risks that arise as a result of the spread of pathogenic organisms, pests and weeds to new regions. These processes require a comprehensive study and assessment of the impact on the environment in combination with production activities, which will allow the development of management mechanisms. Currently, the role of climate change in determining development strategies for both crop production and plant protection has been rethought in order to address food security issues.

**Key words:** cultivation areas, climate change, pathogenic organisms, entomophages, pests, southern crops.

# ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КУКУРУЗЫ В ЗОНАХ РИСКОВАННОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ ЗАСУШЛИВЫХ РЕГИОНОВ ПОВОЛЖЬЯ

Подковыров И.Ю., Иванова Н.В.

*Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии,  
Большие Вяземы, Россия, agrosad@inbox.ru, inv.74@mail.ru*

**Аннотация:** Наблюдается расширение площадей, занятых кукурузой в региональном севообороте Нижнего Поволжья, что продиктовано востребованностью зерна данной культуры на рынке. Полевые испытания выращивания кукурузы по интенсивной технологии, проведенные в ряде хозяйств Волгоградской области в 2023–2025 годах, выявили прирост урожайности на 15–20%. Установлено, что применение фитосанитарных обследований при возделывании кукурузы по интенсивной технологии на орошении, включающей агротехнические приёмы, применение удобрений, использование средств защиты растений и селекцию, обеспечивает снижение фитосанитарных рисков. Разработанные на основе данных обследований рекомендации по корректировке защитных мероприятий повышают хозяйственную результативность, увеличивают урожайность гибридов и экономическую эффективность производства. Фитосанитарные обследования могут быть рекомендованы для применения в системе рискованного земледелия, либо как компонент системы интегрированной защиты кукурузы от болезней и вредителей.

**Ключевые слова:** кукуруза, фузариоз, гиббереллезная гниль, урожайность.

## ВВЕДЕНИЕ

Важнейшей задачей современного сельскохозяйственного производства является удовлетворение потребностей населения страны отечественными недорогими и качественными продуктами питания. Значительная роль в решении задач обеспечения продовольственной безопасности принадлежит созданию кормовой базы для животноводства. Кукуруза является одной из важнейших сельскохозяйственных культур в России, обладающей высоким потенциалом урожайности и широким спектром применения. Использование кукурузы в зонах рискованного земледелия России, как энергетически ценного белково-витаминного корма, позволяет значительно повысить выход основной продукции животноводства – мяса и молока. Однако её производство в большой степени зависит от почвенно-климатических условий, что сдерживает её выращивание в условиях засушливых регионов Поволжья и юга России.

Волгоградская область, располагающая значительными площадями сельскохозяйственных угодий, представляет собой перспективный регион для развития кукурузоводства. Для широкого производства качественной кукурузы в ре-

гионе необходимы агротехнические приёмы, применение удобрений, использование средств защиты растений, обеспечивающих ускорение прорастания и развития растений, повышение их устойчивости к болезням и повреждениям различными вредителями, обеспечивающих более приемлемые условия для роста и развития растений кукурузы в неблагоприятных климатических условиях.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Целью являлось исследование эффективности фитосанитарных обследований посевов кукурузы и разработка рекомендаций по снижению фитосанитарных рисков для повышения результативности выращивания кукурузы на зерно. Полевые учёты выполнены на площади 2800 га в условиях степной зоны светлокаштановых солонцеватых почв Волгоградского Заволжья (Среднеахтубинский район) по общепринятым в защите растений методам учётов распространённости патогенных организмов. Определение наличия возбудителей инфекционных болезней проводили на отобранных образцах растений в лаборатории фитопатологии интродуцентов ФГБНУ ВНИИФ методом посевов на питательные среды и дальнейшей диагностики возбудителей.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Листовые пластинки имели длину 26–67 см, ширину 2,6–7,1 см. Листовые пластинки хорошо развиты, тёмно-зелёного цвета, без деформаций и видимых пятен. Видимых повреждений не имеют. По шкале учёта степень поражения оценивается в 0 баллов = признаков поражения гельминтоспориозом нет.

Стебли диаметром 2,5–2,8 см хорошо развиты, светло-зелёного характерного для данной культуры цвета без видимых пятен. По шкале учёта степень поражения оценивается в 0 баллов = признаков поражения гельминтоспориозом нет.

Початки хорошо развиты, покрыты покровными листьями длиной 18–22 см. Имеют характерный здоровый вид без признаков поражения инфекционными болезнями.

Корневая система хорошо развита, мочковатая и хорошо разветвлённая с корнями 3–4 порядка, придаточными корнями длиной 22–38 см. В результате исследований на опытных участках выявлен комплекс микрофлоры грибов, среди которых наибольшее негативное влияние на растения оказывают грибы родовых комплексов *Fusarium*, *Alternaria*, *Penicillium* и Гиббереллёза початков (красная гниль) (рисунок 1, таблица 1).



Рис. 1. Поражения початков кукурузы болезнями

Таблица 1

**Результаты лабораторного микологического анализа  
частей растений кукурузы в посевах на питательной среде Чапека**

Вид образца	Выявленные микроорганизмы	Тип микрофлоры
Листья	<i>Mucor, Risopus., Puccinia sorghi</i>	Сапротрофная, патогенная
Стебель	<i>Risopus</i>	Сапротрофная
Плоды	<i>Fusarium, Penicillium, Alternaria</i>	Патогенная
Корень	<i>Fusarium</i>	Патогенная

Выявлено, что в условиях интенсивной технологии возделывания кукурузы в районах Волгоградского Заволжья фитосанитарные риски связаны преимущественно с поражениями корня и плодов. Защитные мероприятия должны быть направлены на снижение колонизации растений патогенными грибами в вегетационный период.

Возделывание кукурузы в Волгоградской области имеет значительный потенциал развития при условии внедрения современных технологий и учёта региональных особенностей. Своевременное выявление и профилактика фитопатогенных проблем позволят существенно снизить потери урожая и сохранить его качество. Особое внимание следует уделять комплексному подходу к защите растений и соблюдению агротехнических требований. Успешное решение задач по минимизации рисков и повышению урожайности позволит обеспечить продовольственную безопасность региона и развитие агропромышленного комплекса России в целом.

Дальнейшее исследование должно быть направлено на разработку адаптивных

технологий возделывания кукурузы с учётом климатических изменений и экономических факторов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузьмицкая Г.А., Меньшинина И.Ю., Гашевский В.Р. Сравнительная оценка продуктивности перспективных гибридов кукурузы в условиях зоны рискованного земледелия Приамурья / Г.А.Кузьмицкая, И.Ю.Меньшинина, В.Р. Гашевский // Вестник российской сельскохозяйственной науки, 2023. – С. 1, 44–47.
2. Кириллов Н.А., Соколова Е.А., Изместьев В.М. Сравнительная оценка урожайности зелёной массы гибридов кукурузы / Н.А.Кириллов, Е.А. Соколова, В.М. Изместьев // Аграрная Россия, 2018. – С. 5, 9–11.
3. Орлянский Н.А., Орлянская Н.Г. Оценка результатов экологического сортоиспытания гибридов кукурузы с использованием селекционных индексов / Н.А. Орлянский, Н.Г. Орлянская // Кукуруза и сорго, 2016, 4, 3–7.
4. Shpaar D., Shlapunov A., Postnikov V. Corn / D. Shpaar, A. Shlapunov, V. Postnikov. Минск: FUAinform, 1999, 192 p.
5. Загинайлов А.В. Совершенствование технологии возделывания кукурузы в условиях Центрального района Нечернозёмной зоны России»: автореферат диссертации кандидата сельскохозяйственных наук, 06.01.01. Автореф. дисс. канд. с.-х. наук. Москва, 2011.

#### EFFICIENCY OF CORN CULTIVATION IN RISKY FARMING ZONES OF ARIDIRE REGIONS OF THE VOLGA REGION

Podkovirov I.Yu., Ivanova N.V.

*All-Russian Research Institute of Phytopathology,  
Bolshie Vyazemy, Russia, agrosad@inbox.ru, inv.74@mail.ru*

**Abstract:** There is an expansion of areas occupied by corn in the regional crop rotation of the Lower Volga region, which is dictated by the demand for grain of this crop in the market. Field trials of corn cultivation using intensive technology, conducted in a number of farms in the Volgograd region in 2023–2025, revealed an increase in yield by 15–20%. It was found that the use of phytosanitary surveys in the cultivation of corn using intensive technology under irrigation, including agro-technical methods, the use of fertilizers, the use of plant protection products and selection, reduces phytosanitary risks. Recommendations for adjusting protective measures developed on the basis of survey data improve economic performance, increase the yield of hybrids and the economic efficiency of production. Phytosanitary surveys can be recommended for use in the risky farming system, or as a component of the integrated protection system of corn from diseases and pests.

**Key words:** corn, fusarium, gibberellic rot, yield.

# ВЛИЯНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ ПРЕПАРАТОВ НА УРОЖАЙНОСТЬ ФАСОЛИ В МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Подковыров И.Ю., Сметанников А.П., Панина О.А.

*Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии,  
Большие Вяземы, Россия, smetannikov34@yandex.ru*

**Аннотация:** В статье рассмотрены результаты испытаний по изучению влияния полимерных препаратов хитозана на урожайность фасоли в Московской области.

В данное время представляет актуальность болезни фасоли – бактериальные, вирусные, грибные, которые не только снижают урожайность, но и ухудшают качество растительной продукции. Сбор двухлетних данных показал, что повышение урожайности на данных вариантах произошло за счет увеличения количества бобов, семян с растения и массы 1000 зерен. Получены высокие значения урожайности по сорту Купава в 2024 году – 4,4 т/га, в 2023 году – 3,9 т/га. Значения урожайности сорта Гелиада составили в 2023 году – 2,6 т/га, а в 2024 г. – 3,5 т/га. Из анализируемых данных, можно сделать вывод, что препараты хитозановой группы защищают растения фасоли и снижают распространённость заболеваемости на исследуемых сортах.

**Ключевые слова:** сорт, фасоль, полимерные препараты, хитозан, урожайность фасоли.

## ВВЕДЕНИЕ

Перед производителями зерновой фасоли стоит проблема повышения урожайности культуры. В современных условиях увеличение объёмов производства фасоли обеспечивается не за счет увеличения площадей ее возделывания. Значительные потери урожая связаны с поражением растений в период вегетации патогенными грибами. В период выращивания применение наилучшей стратегии связано с использованием разнообразных средств защиты растений [1]. В используемых системах защиты фасоли все большее внимания уделяется биологическим средствам улучшения фитосанитарной ситуации на полях.

Применение фунгицидов, являющиеся одной из групп биоцидов, направлено на уничтожение патогенных грибов и снижение уровня колонизации растений. Несмотря на широкое использование в сельском хозяйстве, фунгициды обладают недостатками, такими как ограниченным временем действия, при оптимальных дозах, а значит введение завышенных доз из-за биодеструкции, плохой растворимостью, испарением и вымыванием [4]. Изучая литературные источники, многие авторы утверждают, что такие недостатки можно уменьшить или даже устранить при использовании препаратов в виде полимерных форм.

Применение полимерных биоцидов различного действия на примере продукта деацетилирования хитина, к которому относится хитозан, в качестве био-пестицида ведет к устойчивому воздействию на патогены [3].

Контроль над различными патогенами – бактериями, вирусами, грибами, которые не только снижают урожайность, но и ухудшают качество растительной продукции, на сегодняшний день представляет особую актуальность [2].

Применение полимерных препаратов при выращивании фасоли находит все более широкое значение. В связи с этим целью нашего исследования является изучение влияния полимерных препаратов хитозановой группы и химических соединений на урожайность фасоли.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводились в полевых и лабораторных опытах в 2023–2025 годах на экспериментальной площадке ФГБНУ «Всероссийский НИИ фитопатологии», расположенной в Центральном Нечерноземье (Одинцовский район, Московская обл., Россия).

Посевы фасоли были выполнены в четырёхкратной повторности по методике мелкоделяночного однофакторного полевого опыта [3].

Материалом для исследований выбраны два сорта зерновой фасоли (Купава и Гелиада) и шесть препаратов (высокомолекулярный хитозан, среднемолекулярный хитозан, низкомолекулярный хитозан, смешанный хитозан, флудиоксонил 25 г/л, Тирам 400 г/л). Учет и наблюдения проведены после прорастания семян при наличии патогенных грибов. Схема полевого опыта состоит из препаратов и контрольного варианта, и обработок: обработка семян, листьев, семян и листьев. Сбор данных учетов производился в июне, июле и августе каждого года наблюдений. Учет и наблюдения проведены после прорастания семян и появления первых признаков болезней. Диагностику возбудителей микозов растений фасоли в условиях дерново-подзолистой почвы проводили в лаборатории фитопатологии интродуцентов ФГБНУ ВНИИФ по общепринятой в фитопатологии методики микроскопирования культур выделенных грибов на питательной среде Чапека [5].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По результатам исследований на контрольном варианте произошло увеличение распространённости и развития болезней на растениях фасоли. Поражения листьев к окончанию периода наблюдений достигли 98%, а поражения корневых систем 90%. Биологическая эффективность Хитозана по листьям составила 98,72%, по семенам – 99,67%, а при двукратной обработки семян и листьев – 99,68%. При этом масса тысячи семян увеличивалась при обработке препаратами по семенам и листьям. Высокую эффективность на урожайность фасоли показал высокомолекулярный хитозан.

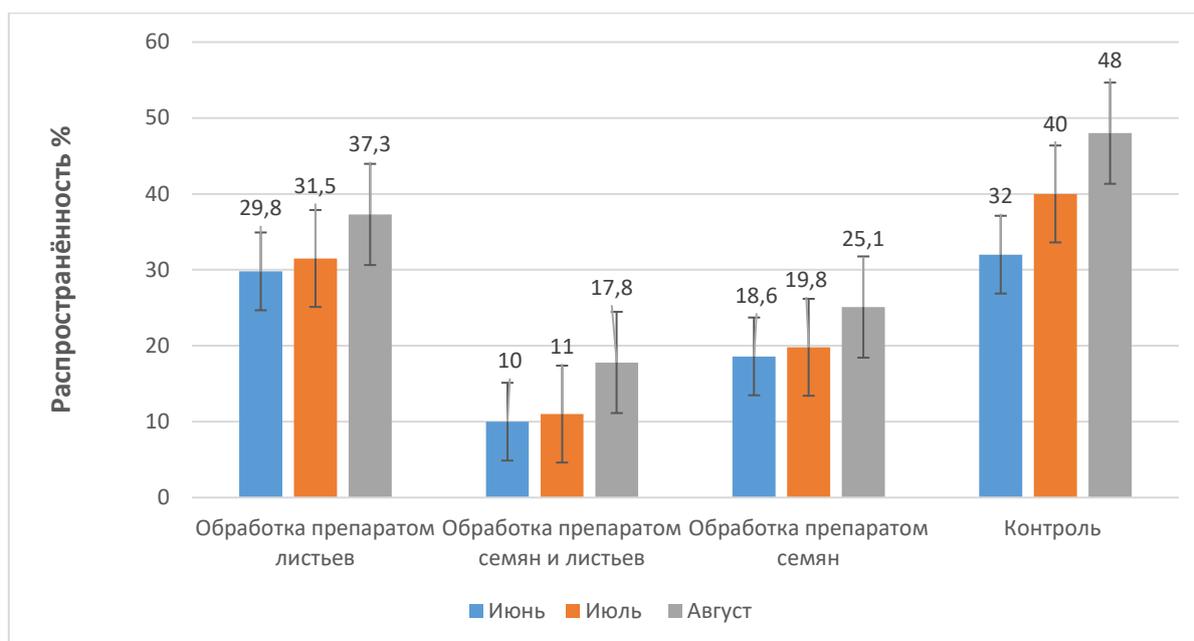


Рис. 1. График распространённости заболеваемости после обработки препаратами

Наблюдения за сортами фасоли после обработки препаратами выявили следующие виды возбудителей, как *Berkeleyomyces rouxiae*, *Perenosporaceae*, *F. Oxyспорum*, *Colletotrichum lindemuthianum*, *Botrytis cinerea Pers*, *Xanthomonas phaseoli*.

Идентификация возбудителей болезней проведена в Центре коллективного пользования «Государственная коллекция патогенных организмов и растений идентификаторов» ФГБНУ ВНИИФ с использованием стандартных методов выделения микроорганизмов из биоматериала. А также – по методам культивирования микроорганизмов на питательных средах и микроскопического анализа.

Из графика видно, что по сравнению с контролем распространённость заболеваемости была ниже на всех обрабатываемых образцах. На протяжении всего лета увеличивалось число возбудителей, так в августе на контроле распространённость составила 48%, по обработке листьев – 37,3%, семян – 25,1, а при двукратной обработке – 17,8%. Наилучший показатель уменьшения заболеваемости выявлен на обработке препаратом семян и листьев, так в июне распространённость уменьшилась по сравнению с контролем в 3,2 раза, в июле – 3,6 раза, а в августе 2,6 раза.

Лучший результат выявлен на сорте Купава при обработке по семенам и листьям и составил массу 1000 семян 598 грамм тем не менее, сорт Гелиада незначительно отличался массой 1000 семян, что составило 360 грамм.

Структурный анализ снопового материала и математическая обработка экспериментальных данных подтвердили повышение урожайности при обработке по семенам и листьям.

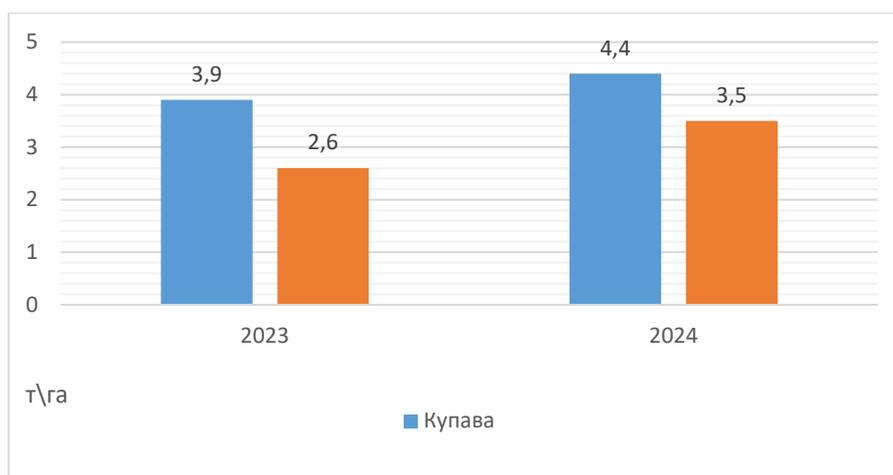


Рис. 2. Значения урожайности по сортам за 2023–2024 года

Высокие значения урожайности получили по сорту Купава в 2024 году – 4,4 т/га, в 2023 году – 3,9 т/га. Значения урожайности сорта Гелиада составили в 2023 году – 2,6 т/га, а в 2024 г. – 3,5 т/га.

Проведенный анализ показывает, что в течение всего периода наблюдений выявлены виды возбудителей на сортах фасоли. При обработке полимерными препаратами произошло снижение распространённости заболеваемости на исследуемых сортах. Так наилучший показатель выявлен при обработке полимерными препаратами по семенам и листьям.

Наилучший результат показан на обработке препаратом семян и листьев по сравнению с остальными обработками, в июне распространённость уменьшилась по сравнению с контролем в 3,2 раза, в июле – 3,6 раза, а в августе 2,6 раза.

Из анализируемых данных, можно сделать вывод, что препараты хитозановой группы влияют на снижение распространённости болезней фасоли.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бударина Г.А. Защита фасоли от семенной и почвенной инфекции в условиях севера ЦЧО/ Г.А. Бударина, М.П. Мирошникова // Научно – производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры» № 4 (48) 2023 г.

2. Сметанников А.П. Достижения и перспективы повышения продуктивности посевов фасоли / А.П. Сметанников // Фундаментальные и прикладные аспекты продовольственной безопасности Том Часть 1. – Большие Вяземы: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии», 2022. – С. 149–154. – EDN WAEWQM.

3. Сметанников А.П. Защитные свойства полимерных препаратов на *Phaseolus vulgaris* / А.П. Сметанников, И.Ю. Подковыров // Фундаментальные и прикладные аспекты продовольственной безопасности: Сборник материалов

научных трудов VI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Большие Вяземы, 21–23 ноября 2023 года. – Москва: АНО «Центр научно-технических решений», 2023. – С. 206–208. – EDN CQJCP1.

4. Штильман М.И. Полимерные фунгициды / М.И. Штильман, М.М. Лоттер и др. // Высокомолекулярные соединения, Москва, Серия Б, том 41, № 8. 1999 г. – с. 1363–1376.

5. Watanabe T. Pictorial Atlas of Soil and Seed Fungi: Morphologies of Cultured Fungi and Key to Species. Third Edition. 3, illustrated, revised. CRC Press. 2010. 426 p.

## THE EFFECT OF POLYMER PREPARATIONS ON BEAN YIELDS IN THE MOSCOW REGION

Podkovyrov I.Yu., Smetannikov A.P., Panina O.A.

*All-Russian Research Institute of Phytopathology,  
Bolshie Vyazemy, Russia, smetannikov34@yandex.ru*

**Abstract:** The article discusses the results of tests to study the effect of chitosan polymer preparations on bean yields in the Moscow region.

Currently, bean diseases are relevant – bacterial, viral, fungal, which not only reduce yields, but also worsen the quality of plant products. The collection of two-year data showed that the increase in yield on these variants occurred due to an increase in the number of beans, seeds from the plant and the weight of 1000 grains. High yields were obtained for the Kupava variety in 2024 – 4.4 t/ha, in 2023 – 3.9 t/ha. The yield values of the Heliada variety were 2.6 t/ha in 2023 and 3.5 t/ha in 2024. From the analyzed data, it can be concluded that chitosan group preparations protect bean plants and reduce the incidence of the disease in the studied varieties.

**Keywords:** variety, beans, polymer preparations, chitosan, bean yield.

# ПРИМЕНЕНИЕ ЦИТОКИНИНОВ ДЛЯ УМЕНЬШЕНИЯ ЗАТРАТ НА ВЫРАЩИВАНИЕ ДВУРЯДНИКА ТОНКОЛИСТНОГО (РУККОЛЫ)

Поляков Д.Д, Железова С.В.

*Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии,  
Большие Вяземы, Россия, dima.123.98@mail.ru*

**Аннотация:** Применение 6-бензиламинопурина в концентрации 30 г/га на 43% процента снижает количество цветов на второй срезке Двурядника тонколистного (рукколы) в открытом грунте в условиях Московской области. Применение данного и других регуляторов роста цитокининового ряда может быть рекомендовано для снижения затрат и повышения качества продукции зеленых культур, склонных к цветению.

**Ключевые слова:** руккола, фитогормоны, цитокинины, цветение.

## ВВЕДЕНИЕ

Особенностью Двурядника тонколистного при выращивании его в открытом грунте является возможность собирать несколько урожаев с одного посева. Это связано с тем, что товарным органом этого растения является лист и растение постоянно закладывает новые листья в розетке.

Однако в условиях стресса, вызванного удалением большой площади листьев на растениях Двурядника тонколистного, происходит закладка цветоносов, наличие которых среди убранных листьев сильно снижает потребительские качества продукции. Как правило, цветоносы в значимых количествах появляются к моменту второй срезки, однако в случае существенных отклонений от оптимума погодных факторов окружающей среды или повреждений от вредителей и болезней возможно их появление уже в первом урожае.

Перед уборкой урожая эти цветоносы необходимо удалить с поля, что связано с большим расходом ручного труда и таким образом существенно сказывается на себестоимости продукции.

Для снижения склонности Двурядника тонколистного к цветению применяют различные методы, включая оптимизацию минерального питания для избегания дефицитов питательных элементов, строгий контроль влажностного режима почвы, притенку для исключения перегрева.

Однако вышеописанные методы в производственных условиях требуют постоянного контроля со стороны агронома и не всегда на 100% эффективны.

Показано, что на формирование цветов оказывает влияние синтез внутри растений гормонов Гибелилинового ряда [1]. Для повышения качества продукции нами были в производственных условиях опробованы меры по снижению

количества цветоносов на посевах Двурядника тонколистного за счёт применения фитогормонов цитокининового ряда. Их избыток может способствовать активизации деления клеток листового аппарата [2] за счёт угнетения роста генеративных органов.

Эти соединения стимулируют развитие листового аппарата растений и замедляют развитие генеративных органов растения, что и необходимо для повышения качества урожая на салатных культурах.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Опыт проводили в сезонной плёночной теплице с естественной почвой в Наро-фоминском районе московской области.

В опыте участвовала руккола сорта Экстрема после второй срезки. После первой срезки руккола начала цвести, но не очень интенсивно (1–2 цветка на м. кв).

После срезки по рукколе сразу прошли клинером, который убрал оставшиеся после уборки обрезки листьев и старые, лежащие на земле листья, которые нельзя срезать комбайном. Тем же вечером грядки обильно пролили. Обработку проводили ранним утром на следующий день после уборки ручным опрыскивателем.

Для опыта взяли 6-бензиаминопурин и Кинетин с чистотой 98% в 3х концентрациях: 10, 30 и 100 г/га по ДВ. Объём рабочего раствора – 300 л/га. Одна концентрация проверялась на площади 20 м. кв в 4х повторностях.

Входе выращивания осуществляли регулярные поливы для обеспечения влажности почвы в диапазоне 55-75% полной влагоёмкости и проводили подкормки минеральными удобрениями на основании данных портативной лаборатории по определению фотохимической активности хлоропластов.

Оценивал среднюю длину листа на делянке и количество цветов на делянке на 21 день опыта.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Самый эффективный гормон для предотвращения цветения 6-бензиламинопурина. В варианте 10 г/га количество цветов снизилось на 43%, при этом длина листа выросла на 10 процентов.

Аналогичный эффект при применении Кинетина наблюдается только в максимальной концентрации (100 г/га). Возможно, это связано с тем, что в отличии от 6-бензиламинопурина, выделенного из растительного материала, Кинетин был открыт в продуктах животного происхождения. Соответственно, он может обладать меньшей биологической активностью в отношении растений.

Тем не менее, оба испытанных цитокинина показывают необходимое действие на рукколу.

В ассортименте нескольких коммерческих компаний присутствуют удобрения, содержащие в своём составе цитокинины. Такие удобрения зарегистрированы к применению на всех культурах и не имеют ограничений к применению на посевах Двурядника тонколистного [3]. Как правило в их составе не указаны конкретные химические соединения. Однако описанные выше исследования показывают, что применение таких удобрений может быть экономически оправдано за счёт снижения необходимости в ручном труде, который в настоящее время занимает существенную долю себестоимости при выращивании салатных культур в целом и рукколы в частности.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузнецов В.В, Дмитриева Г.А Физиология растений том 2, Москва, 2023.
2. Хелдт Г.-В, Биохимия растений, Москва, 2011.
3. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешённых к применению на территории Российской Федерации, часть 2 Агрохимикаты, Москва, 2024.

### USE OF CYTOKININS TO REDUCE COSTS OF CULTIVATION OF RUCOLA (ARUGULA)

Polyakov D.D., Zhelezova S.V.

*All-Russian Research Institute of Phytopathology,  
Bol'shiye Vyazyomy, Russia, dima.123.98@mail.ru*

**Abstract:** Application of 6-benzylaminopurine at a concentration of 30 g/ha reduces the number of flowers in the second harvest of arugula (rocket) in open ground by 43% in the Moscow region. The use of this and other cytokinin-based growth regulators can be recommended for reducing costs and improving the quality of green crops prone to flowering.

**Keywords:** arugula, phytohormones, cytokinins, flowering.

# ОЦЕНКА СОРТОВ ПШЕНИЦЫ МЯГКОЙ ЯРОВОЙ ПО УСТОЙЧИВОСТИ К СТЕБЛЕВОЙ РЖАВЧИНЕ В ОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Росеева Л.П., Белан И.А.

ФГБНУ «Омский АНЦ», Омск, Россия, [rosseeva@mail.ru](mailto:rosseeva@mail.ru)

**Аннотация:** Изучение сортов пшеницы мягкой яровой показали, что средняя урожайность восприимчивых сортов (Памяти Азиева, Дуэт и Омская 18) за годы массового развития патогена стеблевой ржавчины 2015–2020 и 2024 гг. равнялась 2,62 т/га, а устойчивых (Семеновна, Омская 44 и Омская 45) – 4,45 т/га. В основном начало поражения растений наступало через 15–21 сутки после колошения. Однако, в 2017 и 2018 гг., когда патоген на растениях появлялся через 23–29 суток после колошения, урожайность у восприимчивых сортов превышала 3,5 т/га. Таким образом, потери урожайности восприимчивых сортов зависят и от сроков поражения этим патогеном. В засушливые годы (2021–2023 гг.) устойчивые и восприимчивые сорта по урожайности существенно не различались.

**Ключевые слова:** сорт, урожайность, стеблевая ржавчина, устойчивость, восприимчивость.

## ВВЕДЕНИЕ

Стеблевая ржавчина (*Puccinia graminis* f. sp. *tritici*) является особо опасным заболеванием пшеницы, представляющим угрозу продовольственной безопасности страны. В 1967 г. в северных областях Казахстана и в Западной Сибири эпифитотия стеблевой ржавчины охватила свыше 5 млн га посевов пшеницы и потери урожая превысили 50% [5]. До 2007 г. в Омской области стеблевая ржавчина на пшенице распространялась не ежегодно с локальным развитием и на незначительной территории. С 2015 г. стеблевая ржавчина стала одной из основных болезней, вследствие чего отмечалось заметное снижение не только урожайности, но и качества зерна [1]. Анализ литературных источников свидетельствует об актуальности проблемы и необходимости эффективнее вести селекционную работу по созданию сортов пшеницы мягкой яровой, устойчивых к этому наиболее опасному заболеванию [2].

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для исследований с 2015 по 2024гг. служили восприимчивые к стеблевой ржавчине сорта: среднеранний сорт Памяти Азиева, среднеспелый Дуэт, среднепоздний Омская 18 и устойчивые к этому патогену – среднеранний Семеновна, среднеспелый Омская 44, среднепоздний Омская 45. Сорта Памяти

Азиева, Омская 18, Омская 44 и Омская 45 характеризуются повышенной засухоустойчивостью, их индекс устойчивости (*ir*) по оценке *in vitro* колебался от 0,52 до 0,60 [6]. Посев проводили сеялкой ССФК –7 М, площадь делянки 10 м<sup>2</sup>. повторность четырёхкратная. Норма высева 5,5 млн. всхожих семян на гектар. Сроки посева – 12–15 мая. Оценку устойчивости к стеблевой ржавчине проводили по международной шкале [4]. Учеты проводили в динамике 3–5 раз через 5–7 суток с начала проявления заболеваний до восковой спелости. Рассчитывали площадь под кривой развития заболеваний (ПКРБ) и индекс устойчивости (ИУ) [3]. Результаты исследований статистически обработаны с использованием пакетов программ Microsoft Office Excel, 2010.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

За 10 лет изучения по метеорологическим условиям благоприятными для развития патогена стеблевой ржавчины были года с 2015 по 2020 гг. и 2024 г, восприимчивые сорта поражались на 80–100%. Для получения объективной оценки по устойчивости к стеблевой ржавчине 2021 г. был неблагоприятен (ГТК май-август = 0,55). По влагообеспеченности 2022 и 2023 гг. характеризовались как засушливые, развитие стеблевой ржавчины на полях не наблюдалось (ГТК = 1,0 и 0,84, соответственно).

Анализ результатов оценки устойчивости сортов в полевых условиях показал, что в годы массового развития стеблевой ржавчины у восприимчивых сортов (Памяти Азиева, Дуэт и Омская 18) ИУ колебался от 0,9 до 1, табл. 1. Сорта Семеновна, Омская 44 и Омская 45 в эпифитотийные годы проявляли высокий уровень устойчивости, индекс устойчивости варьировал от 0,09 до 0,30 и только в 2024 г. у сорта Омская 44 он был средним (ИУ = 0,44).

Таблица 1

### Уровень устойчивости (ИУ) сортов яровой мягкой пшеницы в годы массового развития стеблевой ржавчины, 2015–2020 и 2024 гг.

Сорт	Год						
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2024
Памяти Азиева	1	1	0,9	1	1	1	0,9
Дуэт	1	1	1	1	1	1	1
Омская 18	1	1	1	1	0,95	0,96	0,95
Семеновна	0,09	0,03	0,23	0,05	0,06	0,23	0,32
Омская 44	0,17	0,15	0,25	0,09	0,30	0,22	0,44
Омская 45	0,16	0,02	0,06	0,09	0,25	0,10	0,30

Примечание: ИУ – индекс устойчивости. Уровни устойчивости: высокий – от 0,10 до 0,35; средний – от 0,36 до 0,65; низкий – от 0,66 до 0,80 и восприимчивость >0,80.

Средняя урожайность восприимчивых сортов за годы массового развития патогена стеблевой ржавчины равнялась 2,62 т/га, а устойчивых – 4,45 т/га. В среднем резистентные сорта в годы эпифитотий превысили восприимчивые сорта на 1,83 т/га. Поведенный двухфакторный дисперсионный анализ показал, что урожайность сортов зависела от генотипа на 45,3%, а от условий изучения – 42,5%, табл. 2.

Среднеранний сорт Семеновна за эти годы в среднем по урожайности превысил Памяти Азиева на 1,81 т/га, среднеспелый Омская 44 на 1,8 т/га был выше сорта Дуэт, и среднепоздний Омская 45 превысил Омскую 18 на 1,9 т/га. Однако, в годы массового развития патогена стеблевой ржавчины 2017 и 2018 гг, урожайность восприимчивых сортов Памяти Азиева, Дуэт и Омская 18 в среднем составила 3,96 т/га и колебалась от 3,16 до 4,46 т/га. В остальные эпифитотийные годы их средняя урожайность была существенно ниже и равнялась 2,62 т/га (варьировала от 1,67 до 2,79 т/га).

Таблица 2

**Урожайность изучаемых сортов в эпифитотийные 2015–2020 и 2024 гг, т/га**

Год	Памяти Азиева	Семеновна	+ к St	Дуэт	Омская 44	+ к St	Омская 18	Омская 45	+ к St
2015	2,17	3,66	1,49	2,13	3,82	1,69	1,79	3,95	2,16
2016	1,9	3,52	1,62	1,67	2,91	1,24	1,66	2,86	1,2
2017	3,91	6,02	2,11	3,89	5,69	1,8	4,46	5,75	1,29
2018	3,88	5,34	1,46	4,43	4,83	0,4	3,16	4,83	1,67
2019	2,63	5,78	3,15	2,03	5,43	3,4	1,73	5,89	4,16
2020	2,52	4,88	2,36	2,03	4,34	2,31	2,79	5,02	2,23
2024	2,02	2,53	0,51	1,67	3,43	1,76	2,53	3,09	0,56
$\bar{X}$	2,72	4,53	1,81	2,55	4,35	1,80	2,59	4,48	1,90
Max	3,91	6,02	3,15	4,43	5,69	3,4	4,46	5,89	4,16
Min	1,9	2,53	0,51	1,67	2,91	0,4	1,66	2,86	0,56

Анализ учетов поражения стеблевой ржавчиной в динамике показал, что в 2017 и 2018 гг. поражение этим патогеном после колошения у сорта Памяти Азиева наступало на 29 сутки, сорта Дуэт на 27 сутки и Омская 18 на 23 сутки. В остальные годы поражение растений этих сортов наступало значительно раньше: у сорта Памяти Азиева наступало на 21 сутки, сорта Дуэт – на 18 сутки и Омская 18 – на 15 сутки. Расчет коэффициента корреляции удостоверяет, что чем более поздно поражаются растения возбудителем стеблевой ржавчины, тем выше урожайность ( $r = 0,71$ ).

В годы слабого развития и отсутствие патогена стеблевой ржавчины в полевых условиях (2021–2023 гг.) в среднем урожайность устойчивого среднеспелого сорта Омская 44 равнялась 3,55 т/га, а восприимчивого этой группы спелости

Дуэт 3,41 т/га. В среднепоздней группе спелости урожайность восприимчивого сорта Омская 18 равнялась 3,86 т/га, а устойчивого Омская 45 – 3,95 т/га. Среднеранний сорт Семеновна уступил по урожайности на 0,67 т/га сорту Памяти Азиева. Таким образом, в засушливые годы устойчивые и восприимчивые сорта по урожайности существенно не различались.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Учеты устойчивости сортов пшеницы мягкой яровой к патогену стеблевой ржавчины проводимые в динамике, в годы массового развития, показали, что по уровню устойчивости Памяти Азиева, Дуэт и Омская 18 относятся к восприимчивым сортам ( $IУ > 0,80$ ), а сорта Семеновна, Омская 44 и Омская 45 – к высокоустойчивым ( $IУ < 0,35$ ).

Средняя урожайность восприимчивых сортов в эпифитотийные годы патогена стеблевой ржавчины равнялась 2,62 т/га, а устойчивых – 4,45 т/га. В среднем резистентные сорта в годы эпифитотий превысили восприимчивые сорта на 1,83 т/га.

В засушливые годы (2021–2023 гг) устойчивые и восприимчивые сорта по урожайности существенно не различались

Потери урожайности восприимчивых сортов зависят и от сроков поражения патогеном, чем более поздно поражаются растения возбудителем стеблевой ржавчины, тем выше их урожайность ( $r = 0,71$ ).

## БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена в рамках Государственного задания (тема № 0797-2019-0008).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белан И.А., Россеева Л.П., Григорьев Ю.П., Блохина Н.П., Золкин Д.А., Мухина Я.В. Создание сортов яровой мягкой пшеницы, устойчивых к грибным заболеваниям, для условий Западной Сибири и Северного Казахстана. Аграрная Россия. – 2020. – № 6. – С. 3–8. – DOI 10.30906/1999-5636-2020-6-3-8.
2. Гончаров Н.П., Косолапов В.М. Селекция растений – основа продовольственной безопасности России. Вавиловский журнал генетики и селекции. 2021; 25 (4): 361–366. DOI: <https://doi.org/10.18699/VJ21.039>.
3. Коваленко Е.Д., Коломиец Т.М., Киселева М.И., Жемчужина А.И., Смирнова Л.А., Щербик А.А. Методы оценки и отбора исходного материала при создании сортов пшеницы устойчивых к бурой ржавчине. Методические рекомендации ВНИИФ, М., 2012. – 93с.

4. Методы селекции и оценки устойчивости пшеницы и ячменя к болезням в странах членов СЭВ. Прага. – 1988. – 321с.

5. Плахотник В.В. Стеблевая ржавчина на севере Казахстана и устойчивость к ней образцов коллекции яровой пшеницы. Труды V Всесоюз. совещ. по иммунитету растений. Киев, 1969; 3: 72–75.

6. Россеев В.М., Белан И.А., Россеева Л.П. Использование метода *in vitro* в селекции пшеницы мягкой яровой. Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2016. – № 2 (136). – С. 5–9. – EDN VQSPJP.

## EVALUATION OF SOFT SPRING WHEAT VARIETIES FOR RESISTANCE TO STEM RUST IN OMSK REGION

Rosseeva L.P., Belan I.A.

*FSBSI « Omsk Agrarian Scientific Center», Omsk, Russia, rosseeva@mail.ru*

**Abstract:** The study of soft spring wheat varieties showed that the average yield of susceptible varieties (Pamyati Aziev, Duet and Omskaya 18) during the years of mass development of the stem rust pathogen in 2015–2020 and 2024 was 2.62 t/ha, and resistant (Semyonovna, Omskaya 44 and Omskaya 45) – 4.45 t/ha. Basically, the onset of plant damage occurred 15–21 days after heading. However, in 2017 and 2018, when the pathogen appeared on plants 23–29 days after heading, the yield of susceptible varieties exceeded 3.5 t/ha. Thus, yield losses of susceptible varieties also depend on the timing of infection by this pathogen. In dry years (2021–2023), resistant and susceptible varieties did not differ significantly in yield.

**Keywords:** variety, yield, stem rust, resistance, susceptibility.

# БИОРЕСУРСНАЯ КОЛЛЕКЦИЯ ДЕКОРАТИВНЫХ И САДОВЫХ ВИДОВ КАК ОСНОВА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ БИОРАЗНООБРАЗИЯ И ПРИЕМОВ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЗДОРОВОЙ СРЕДЫ ЖИЗНИ ЧЕЛОВЕКА

Серая Л.Г.

*Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии,  
Большие Вяземы, Россия, lgseraya@gmail.com*

**Аннотация:** Создание коллекций декоративных и садовых видов позволяет не только сохранять биоразнообразие, но и использовать полученные знания для улучшения экологической ситуации и создания комфортной среды обитания человека. Коллекции служат основой для научных исследований в разных областях растениеводства, агропочвоведения, экологии, ландшафтного дизайна по изучению биологического разнообразия, экологии искусственных фитоценозов, биотехнологий и разработки приемов ухода в новых условиях культивирования. Представлены этапы многолетней работы по систематизации комплексной информации о хозяйственно ценных видах декоративных и садовых культур. Приведены примеры результатов, которые стали частью агротехнологии в системе ухода за зелеными насаждениями в городской среде и сохранению функциональности и декоративности растений в искусственных фитоценозах.

**Ключевые слова:** коллекционные растения, фитомониторинг, экспресс-приборы, микозы, фитопатоген, биопрепарат.

Искусственные фитоценозы не копируют природные, но их организация соответствует законам природы. Поэтому уделяется особое внимание контролю экологической ситуации и созданию комфортной среды обитания человека, в частности, устойчивых искусственных фитоценозов или растительных сообществ, созданных человеком. Нами ведется многолетняя работа по систематизации и анализу комплексной информации о хозяйственно ценных видах и сортах декоративных и садовых культур на базе коллекции растений отдела патологии декоративных и садовых культур ФГБНУ ВНИИФ, которая стала основой для научных исследований в следующих областях науки и производства: питомниководство, агропочвоведение, ландшафтный дизайн, а также биологическое разнообразие, экология искусственных фитоценозов, биотехнология и разработка приемов ухода в новых условиях культивирования.

Коллекция видовых и сортовых растений создана в 2018 году и располагается на территории Всероссийского НИИ Фитопатологии. Выбор растений основывался на их применении в лечебных и пищевых целях, озеленении и благоустройстве, районировании к условиям почвенно-климатической зоны Центральных регионов России. Агротехнология подготовки участка под коллекцию

растений традиционная и включала: вспашку, боронование, внесение минимальных доз удобрений, покрытые геотекстилем для защиты от сорняков, разбивку на делянки, посадку растений луночным методом. В коллекции представлено более 37 видов из разных семейств (**жирным шрифтом** выделены наиболее многочисленные): Астровые, Барбарисовые, Бурачниковые, Валериановые, Вербеновые, Гераниевые, Ирисовые, Камнеломковые, Кипрейные, Ландышевые, Луковые, **Лютиковые**, Норичниковые, Первоцветные, Подорожниковые, **Розовые**, Сельдерейные, Синюховые, Толстянковые, Хвощовые, **Яснотковые**.

Ежегодно проводим визуальную диагностику состояния коллекционных посадок с целью систематизации данных о фитосанитарном состоянии растений, их устойчивости к болезням и вредителям на естественном инфекционном фоне. Сплошным методом на делянках осматриваем надземные части растений: стволы, побеги, листья, цветы и соцветия. Определяем и фиксируем морфометрические реакции, а также симптомы болезней, степень поражения и распространенность. В процессе обследований собираем растительный материал и почвенные пробы для контроля степени снижения плодородия и уровня инфекционного начала. Одновременно изучаем возможности применения приборов неразрушающего контроля, например, листового мини-спектрометра CI-710S (SpectraVue Leaf Spectrometer), почвенного мульти-анализатора JXBS-3001-SCY, цифрового тестера почвы Yierui, миниризонотрона CI-600 и др. Оперативный контроль состояния растений информативен для оценки устойчивости растений к стресс-факторам в ситуации, когда визуальная диагностика не фиксирует изменений. В таблице 1 приведен перечень возбудителей болезней растений, идентифицированных на растениях коллекционного участка.

Таблица 1

**Возбудители болезней на коллекционных растениях  
в разные годы наблюдений**

Семейство	Вид с симптомами поражения	Возбудитель, род	Болезнь
Гераниевые, Ландышевые, Луковые, Лютиковые, Розовые, Яснотковые	Герань кроваво-красная, купена лекарственная, шнитт-лук, клопогон кистевидный, кровохлебка лекарственная, таволга вязолистная, душица обыкновенная, мелисса лекарственная, мята перечная	<i>Alternaria</i>	альтернариоз, пятнистость листьев
Гераниевые, Лютиковые, Розовые	Герань кроваво-красная, клопогон кистевидный, кровохлебка лекарственная,	<i>Ascochyta</i>	аскохитоз

Семейство	Вид с симптомами поражения	Возбудитель, род	Болезнь
Валериановые, Ландышевые, Яснотковые	Валериана лекарственная, купена лекарственная, мелисса лекарственная	<i>Bipolaris</i>	корневая гниль, темно-бурая пятнистость
Валериановые	Валериана лекарственная	<i>Colletotrichum</i>	антракноз
Валериановые	Валериана лекарственная	<i>Cylindrocarpum</i>	некроз корней
Яснотковые	Мята перечная	<i>Erysiphe</i>	мучнистая роса
все	на всех видах	<i>Fusarium</i>	фузариозное увядание, корневая гниль
Луковые	Шнитт-лук	<i>Peronospora</i>	ложная мучнистая роса
Гераниевые, Розовые, Яснотковые	Герань кроваво-красная, кровохлебка лекарственная, мята перечная	<i>Phoma</i>	фомоз
Лютиковые	Клопогон кистевидный	<i>Phytophthora</i>	фитофтороз
Гераниевые, Ландышевые, Розовые, Яснотковые	Герань кроваво-красная, ландыш майский, кровохлебка лекарственная, мелисса лекарственная	<i>Pythium</i>	черная ножка
Астровые, Лютиковые, Яснотковые	Девясил высокий, клопогон кистевидный, душица обыкновенная	<i>Rhizoctonia</i>	корневая гниль
Ландышевые	Купена лекарственная	<i>Septoria</i>	септориоз



Рис 1. Внешний вид листа Валерианы лекарственной *Valeriana officinalis* L. с симптомами антракноза (возб. *Colletotrichum* sp.)

В специализированной лаборатории проводим инструментальные исследования по изучению фитопатогенов. Например, на рисунке 1 показан лист валерианы лекарственной с визуальными признаками антракноза – некротическими

пятнами с темно-бурым ободком, и выделенный из пятна возбудитель *Colletotrichum* sp. (увеличение x 40).

Методами микробиологии были выделены в чистую культуру ряд возбудителей грибных болезней декоративных и садовых культур, которые переданы в Государственную коллекцию фитопатогенных микроорганизмов и сортов растений-идентификаторов патогенных штаммов микроорганизмов ВНИИФ: *Pestalotiopsis* sp. и *Colletotrichum acutatum* с сосны крымской (Дивноморский округ, Краснодарского края), *Cladosporium herbarum* с черешни или вишни птичьей (Калужская область) и др.

В световой комнате (контроль гидротермических условий) и камере для выращивания растений ВРС500Н изучаем реакцию растений на состав многокомпонентного питательного грунта, приема внесения основных и foliarных удобрений, мульчирование, а также оцениваем эффективность методов управления фенофазами роста под влиянием освещенности, влажности, воздействия фитопатогенов и средств защиты растений (в частности, на основе биологических и природоподобных веществ). Пример полученных результатов приведен на рис. 2.

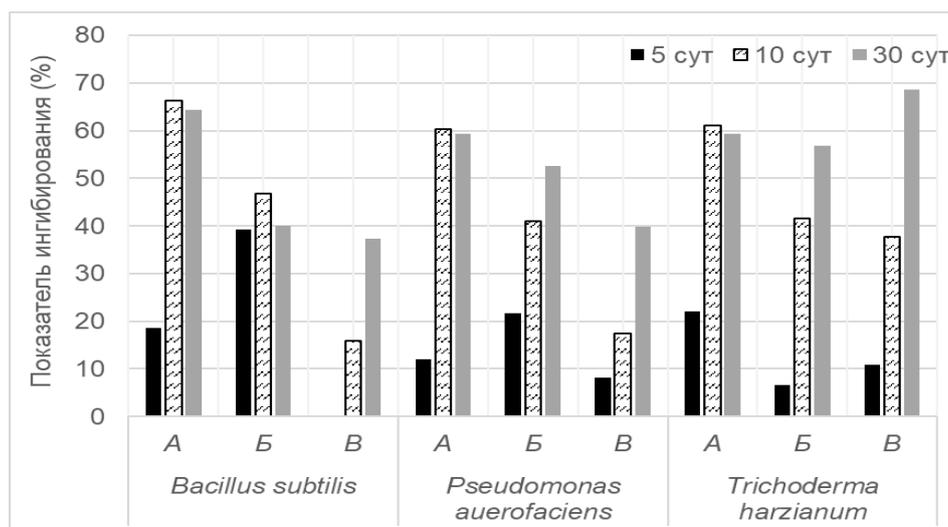


Рис. 2. Взаимоотношение фитопатогенных грибов (А – *Cladosporium herbarum*, Б – *Colletotrichum acutatum*, В – *Pestalotiopsis* sp.) и биопрепаратов на основе штаммов активных микроорганизмов

Методом встречных культур оценили фунгистатический алиментарный антагонизм во взаимоотношениях активных штаммов микроорганизмов: *Bacillus subtilis*, (штамм В-10 ВИЗР, титр не менее  $10^9$  КОЕ/г), *Pseudomonas auerofaciens* (не указан штамм, добавка – комплекс биологически активных веществ), *Trichoderma harzianum* (штамм Г 30 ВИЗР, титр не менее  $10^{10}$  КОЕ/г) и возбудителей инфекционных болезней декоративных и садовых культур. Показано, что устойчивый ингибирующий эффект от биопрепаратов по отношению к фитопатогенам проявляется на 10 сут. (коэффициент корреляции выше 0,93,  $p = 0,01$ ) и

имеет продолжительность менее 30 сут. Все фитопатогены проявили чувствительность к биопрепаратам: сильный отклик получен в вариантах *Cladosporium herbarum* ( $29,3 = F < F_{\text{табл.}} = 2,66$   $p < 0,001$ , где  $F$  – критерий Фишера).

Итак, комплексная система изучения коллекционных растений (декоративные и садовые культуры) по устойчивости к абиотическим и биотическим факторам позволяет получать системные данные оперативными и традиционными (лабораторными) методами. Данные морфометрии, физиологических процессов и биоразнообразия (в т.ч. с учетом фитопатогенов) применяем в разработках агротехнологических приемов для создания здоровой среды жизни человека.

Работа выполнена с использованием оборудования, закрепленного за Центром коллективного пользования ФГБНУ ВНИИФ в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ (тема № FGGU-2025-0007).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Идиятов И.И., Валиуллин Л.Р., Галлямова С.Р., Бирюля В. Поиск антагонистов микромицета *Fusarium sporotrichioides*. АОН, 2017, № 4.
2. Ларина Г.Е., Гудкова Н.Ю., Михалева С.Н., Калембет И.Н., Евтюхова А.В., Серая Л.Г. Фитомониторинг коллекционных лекарственных растений. Аграрная наука, 2019, 3, 10–14.
3. Серая Л.Г., Ларина Г.Е. Комплексный фитомониторинг древесных растений на объектах озеленения и в питомниках. В сборнике: Мониторинг и биологические методы контроля вредителей и патогенов древесных растений: от теории к практике. Красноярск: Институт леса СО РАН, 2019, 153–154.

### A BIORESOURCE COLLECTION OF ORNAMENTAL AND GARDEN SPECIES AS A BASIS FOR STUDYING BIODIVERSITY AND MANAGEMENT TECHNIQUES TO CREATE A HEALTHY HUMAN LIVING ENVIRONMENT

Seraya L.G.

*All-Russian Research Institute of Phytopathology,  
Bolshie Vyazemy, Russia, lgseraya@gmail.com*

**Abstract:** The creation of collections of ornamental and garden species allows not only to preserve biodiversity, but also to use the knowledge gained to improve the ecological situation and create a comfortable human habitat. The collections serve as the basis for scientific research in various fields of crop production, agro-soil science, ecology, landscape design for the study of biological diversity,

ecology of artificial phytocenoses, biotechnology and the development of care methods in new cultivation conditions. The stages of long-term work on the systematization of complex information on economically valuable types of ornamental and horticultural crops are presented. Examples of results that have become part of agrotechnology in the system of caring for green spaces in an urban environment and preserving the functionality and decorative properties of plants in artificial phytocenoses are given.

**Key words:** collection plants, phytomonitoring, expression devices, mycoses, phytopathogen, biological product.

# АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЙ АГРЕССИВНОСТИ ВОЗБУДИТЕЛЯ ФИТОФТОРОЗА НА КАРТОФЕЛЕ В МОСКОВСКОМ РЕГИОНЕ В 2024 И 2025 ГОДАХ

Смирнов А.Н.<sup>1</sup>, Смирнова О.Г.<sup>1</sup>, Андреевская В.М.<sup>2</sup>, Траоре Б.<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> *Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева, Москва, Россия; asmirnov@rgau-msha.ru*

<sup>2</sup> *Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии, Большие Вяземы, Россия; nikaandreevskai@yandex.ru*

<sup>3</sup> *Сельскохозяйственный педагогический и политехнический институт прикладных исследований, Катибугу, Мали; traorebiton@gmail.com*

**Аннотация:** В последние годы в посадках картофеля в Московском регионе усложнилась фитосанитарная ситуация в связи с усугублением поражения фитофторозом. Цель исследования – оценить изменение агрессивности полевых популяций *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary на картофеле в 2024 и 2025 гг. и проанализировать его причины. Установлена возможность пикового увеличения агрессивности в 2025 г. на распространенном сорте удача, значение итогового индекса агрессивности составило 12,27. Также для 10 посадок картофеля из Московского региона установлено увеличение средневзвешенно развития фитофтороза с 55% (2024 г.) до 77,5% (2025 г.). Это может быть обусловлено глобальными и локальными причинами агрометеорологического и агроэкологического характера, включением компенсаторных механизмов в полевых популяциях патогена и к 2026 г. требовать интенсификации проведения защитных мероприятий на картофеле против фитофтороза.

**Ключевые слова:** картофель, фитофтороз, *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, агрессивность, развитие болезни.

Фитофтороз – вредоносная болезнь картофеля и томата в Московском регионе. В 1990-ые и 2000-ые годы она повсеместно наносила региональному картофелеводству значительный ущерб (Иванюк и др., 2005), хотя на томате в открытом грунте за счет репродуктивного потенциала патогена вредоносность этой болезни была еще выше (Смирнов и др., 2019), запредельной.

Ситуация изменилась в 2010 г. Июнь этого года в основном был холодным и дождливым. Первые вспышки болезни регистрировали на картофеле и томате уже во второй половине июня. Однако далее на протяжении почти всего вегетационного сезона (до конца августа) наступила аномальная для региона засуха. Развитие зон поражения фитофтороза остановилось, на некротизированных тканях стало появляться спороношение грибов рода *Alternaria*. На томатах в этот год в открытом грунте без поражения фитофторозом даже удалось снять неплохие урожаи.

Далее с 2011 по начало 2020 гг. фитосанитарная ситуация на картофеле изменилась. В целом, развитие фитофтороза в этот период было умеренным. В довольно многих локациях (например, на Полевой станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева) фитофтороз не регистрировали или регистрировали на довольно незначительном уровне. Значительным развитие фитофтороза оставалось в отдельных локациях, в основном связанных с поймами крупных водоемов и т. п. При этом, агрометеорологические условия в целом или благоприятствовали развитию фитофтороза, или были нейтральными в этом отношении. В этой связи, внимание картофелеводов привлекли другие болезни культуры, среди них – антракноз, серебристая парша, ризоктониоз, бактериозы, альтернариоз, сопряженное трахеомикозное увядание (Ерохова, Кузнецова, 2023; Смирнов и др., 2019). Напротив, томат в этот период продолжал поражаться фитофторозом регулярно, повсеместно и в довольно значительной степени.

Однако с 2023 г. фитосанитарная ситуация на картофеле вновь стала меняться. Вегетационные периоды 2023, 2024 и 2025 гг. характеризовались умеренными температурами и значительной влажностью. Развитие и вредоносность фитофтороза повсеместно или почти повсеместно усугубились, особенно на огородах и полях без применения фунгицидов. В 2025 г. в некоторых локациях фитосанитарная ситуация на картофеле стала приобретать кризисные черты.

Цель исследования – оценить изменение агрессивности полевых популяций *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary на картофеле в 2024 и 2025 гг. и проанализировать его причины.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для лабораторных исследований использовали клубни сортов Удача (ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха, заявлен как среднеустойчивый к фитофторозу), Голубизна (ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха) и Арроу (AGRICO U.A. (EMMELOORD), NETHERLANDS) (заявлены как восприимчивые к фитофторозу). Заражали 50 мл каплями суспензии зооспорангиев (5000 зооспорангиев/мл) 10-суточной выращенной на овсяном агаре колонии реперного изолята *P. infestans*, выделенного с картофеля в 2014 г. на территории ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха (Люберецкий район Московской области). Определяли частоту инфекции, размер некрозов, интенсивность спороношения, инкубационный и латентный периоды, а также интегральный показатель – итоговый индекс агрессивности (Васильченко и др., 2018). Повторность четырехкратная, однофакторный дисперсионный анализ данных проводили в программе STRAZ.

При проведении фитосанитарного мониторинга осматривали небольшие поля (до 5 га) и огороды (до 5 соток с различными сортами картофеля в Москве (Полевая станция РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева), а также на территории

Мытищинского, Одинцовского, Сергиев-Посадского и Клинского районов Московской области, всего 10 локаций в 2024 и 2025 гг. на протяжении вегетационного сезона. Для каждой полевой популяции патогена определяли развитие болезни, далее для 2024 и 2025 гг. Определяли интегральный показатель – средне-взвешенное развитие болезни в пределах данной группы (Иванюк и др., 2005; Баздырев и др., 2023). Площади посадок в рамках данного исследования не учитывали.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Исследование проявления агрессивности *P. infestans* на трех сортах показали разную картину по ним в 2025 и 2024 гг. (табл. 1)

Таблица 1

### Итоговые индексы агрессивности *P. infestans* на клубневых дисках трех сортов картофеля

Год	Сорта		
	Удача	Голубизна	Арроу
2024	1,61	1,87	1,30
2025	12,27	0,38	1,25
НСР <sub>05</sub>	1,74	Fф<Fт	Fф<Fт

На сорте Удача в 2025 г. выявили пиковое увеличение итогового индекса агрессивности – в 7,6 раз по сравнению с 2024 г. Это достигалось за счет всех компонентов агрессивности – и интенсивности спороношения, достигших в 2025 г. максимальных значений, и периодов (как инкубационного, так и латентного), минимальных (3 суток) в 2025 г.

На сортах Голубизна (не смотря на различия в 4,9 раз) и Арроу значения итогового индекса агрессивности *P. infestans* в 2024 и 2025 гг. находились в пределах одного диапазона, одной генеральной совокупности.

Если в 2024 г. значительное поражение фитофторозом с уничтожением ботвы зарегистрировали только в 2 случаях, то в 2025 г – в 8. Соответственно, зотя в 2024 г. развитие фитофтороза было значительным и составляло 55.0%, в 2025 г. оно выросло еще на 22,5%, причем уже во второй половине июля (табл. 2).

Таким образом, в 2025 г. определены и выявлены случаи повышения агрессивности полевых популяций *P. infestans*. В посадках, где применяли современные фунгициды, развитие фитофтороза удавалось сдерживать. Тотальное уничтожение ботвы наблюдали в посадках, где фунгицидные обработки не проводили.

**Число исследуемых посадок картофеля с определенными градациями развития фитофтороза в Московской области в 2024 и 2025 гг.**

Градация развития	Годы	
	2024	2025
Ботва полностью уничтожена	0	3
Вся ботва поражена, до половины уничтожено	2	5
Умеренное поражение ботвы	8	2
Редкое и единичное поражение ботвы	0	0
Средневзвешенное развитие, %	55,0	77,5

Непонятно, с чем связано пиковое увеличение агрессивности по всем компонентам на сорте Удача. Этот результат оказался неожиданным. Вероятно, проявление полевой устойчивости данного сорта к фитофторозу не всегда стабильно, ее спонтанные снижения нельзя исключать и в поле.

С позиций климатологии, агроэкологии и агрометеорологии (Иванюк и др., 2005; Баздырев и др., 2023), агрессивность региональных полевых популяций *P. infestans* может глобально меняться. Триггером могут быть контрастные события форс-мажорного характера – засухи. В конкретном случае засуха 2010 г. ослабила развитие многих вредных организмов, в частности *P. infestans* на картофеле. В последующие годы в полевых популяциях патогена могли произойти определенные перестройки, приведшие к компенсаторному увеличению агрессивности его полевых популяций. Важно, что реализации этого процесса могло способствовать не всегда стабильное проявление полевой устойчивости распространенных сортов картофеля.

Увеличение агрессивности полевых популяций *P. infestans* в 2025 г. способствовали сложные агрометеорологические периоды с выпадением осадков и достаточно холодной погодой.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

К 2025 г. в полевых популяциях *P. infestans* на картофеле отмечены случаи увеличения агрессивности. В научном отношении этот тренд должен быть изучен более детально. В прикладном отношении с 2026 г. в хозяйствах всех типов целесообразно усилить защиту картофеля от фитофтороза, в виде проведения дополнительных фунгицидных обработок, особенно в дождливые периоды.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баздырев Г.И., Третьяков Н.Н., Белошاپкина О.О. Интегрированная защита растений. – М: НИЦ Игфра-М, 2023.

2. Васильченко В.В., Бибик Т.С., Смирнов А.Н. Сравнение агрессивности *Phytophthora infestans* и *Alternaria alternata* на дисках клубней картофеля различных сортов. Достижения науки и техники АПК, 2018. 32 (10), 19–23. doi 10.24411/0235-2451-2018=11005.

3. Ерохова М.Д., Кузнецова М.А. Фитопатогенные бактерии родов *Dickeya* и *Pectobacterium*, особенности патогенного процесса и возможные методы защиты картофеля. Биосфера. 2023, 15 (3), 193–203. doi: 10.24855/biosfera.v15i2.811.

4. Иванюк В.Г., Банадысев С.А., Журомский Г.К. Защита картофеля от болезней, вредителей и сорняков. Минск: Белпринт, 2005.

5. Смирнов А.Н., Приходько Е.С., Васильченко В.В., и др. Прикладное значение определения репродуктивного потенциала и агрессивности грибных и псевдогрибных патогенов картофеля и томата. Картофель и овощи, 2019, 6, 18–25. doi.org/10.25630/PAV.2019.71.33.005

#### БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы благодарны Беляеву В.С., Полиной Н.Л. и Чекмареву Р.Е. за информационную поддержку, ценные советы обсуждение ситуации и критические замечания при написании статьи.

### ANALYSIS OF CHANGES IN THE AGGRESSIVENESS OF THE LATE BLIGHT AGENT ON POTATO IN THE MOSCOW REGION IN 2024 AND 2025

Smirnov A.N.<sup>1</sup>, Smirnova O.G.<sup>1</sup>, Andreevskaya V.M.<sup>2</sup>, Traore B.<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> *Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia; asmirnov@rgau-msha.ru*

<sup>2</sup> *All-Russian Research Institute of Phytopathology, Bolshie Vyazemy, Russia; nikaandreevskai@yandex.ru*

<sup>3</sup> *Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée (IPR-IFRA), Katibugu, Mali; traorebiton@gmail.com*

**Abstract:** In recent years, the phytosanitary situation in potato plantations in the Moscow region has become more complicated due to the increased incidence of late blight. The objective of this investigation is to assess the change in the aggressiveness of field populations of *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary on potato in 2024 and 2025 and to analyze its causes. The possibility of a peak increase in aggressiveness in 2025 was established for the common potato variety Udacha, with a composite fitness (aggressiveness) index of 12.27. For 10 potato plantations from the Moscow region, the average weighted development of late blight increased from 55% (2024) to 77.5% (2025). This

may be due to global and local agrometeorological and agroecological causes, the inclusion of compensatory mechanisms in the pathogen's field populations, and by 2026, the need to intensify protective measures against late blight in potato.

**Key words:** potato, late blight, *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, aggressiveness, disease development.

# РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНОЙ ПРЕПАРАТИВНОЙ ФОРМЫ АКТИВНОГО УГЛЯ С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ПОЧВЫ ЭКОТОКСИКАНТАМИ

Старцев В.И.<sup>1</sup>, Барышев М.Г.<sup>1</sup>, Мухин В.М.<sup>2</sup>,  
Абубикеров В.А.<sup>1</sup>, Старцева Л.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБНУ ВНИИ фитопатологии, Россия, п/о Большие Вяземы, vssort@mail.ru

<sup>2</sup>АО «Электростальское научно-производственное объединение «Неорганика»,  
Россия, г. Электросталь, victormukhin@yandex.ru

**Аннотация:** Экологическую безопасность сельскохозяйственных территорий нашей страны и качество получаемой на ней продукции обеспечивает научно-обоснованная деятельность агропромышленного комплекса. В настоящее время это наиболее актуальная задача динамично развивающейся экономики Российской Федерации.

Поскольку основным средством производства в растениеводстве была и остается почва, задача АПК сохранять и всемерно улучшать её плодородие.

Многолетние исследования, проводимые ФГБНУ ВНИИФ совместно с АО «ЭНПО «Неорганика» показали, что наиболее эффективным приемом восстановления безопасного уровня продуктивности почв, при нарастающей интенсивности производства, является углеадсорбционная детоксикация остаточных количеств пестицидов.

При решении задач экологизации агропромышленного производства сельскохозяйственной продукции, использование активных углей в технологиях возделывания сельскохозяйственных растений имеет такие преимущества, как: избирательность сорбции экотоксикантов, универсальность сорбционных свойств, высокая поглотительная способность, гидрофобность, удобная препаративная форма при использовании, низкая стоимость.

**Ключевые слова:** адсорбция, загрязнение почв, гербициды, активный уголь, детоксикация почв, всхожесть, семена.

## ВВЕДЕНИЕ

В зависимости от различных сил взаимодействия между молекулами активированного угля и молекулами загрязняющих веществ во время процесса адсорбции адсорбцию можно разделить на две категории: физическая адсорбция и химическая адсорбция (также известную как активная адсорбция). В процессе адсорбции, когда сила между молекулами активированного угля и молекулами загрязняющих веществ составляет силу Ван-дер-Ваальса (или электростатическое притяжение) – физическая адсорбция и когда возникает сила взаимодействия между молекулами активированного угля и молекулами загрязняющих веществ химическими связями – хемосорбция. Адсорбционная сила физической адсорбции в основном связана с физическими свойствами активированного угля

и имеет мало общего с химическими свойствами активированного угля. Поскольку сила Ван-дер-Ваальса слаба, она мало влияет на структуру молекул загрязняющих веществ. Эта сила такая же, как и сила межмолекулярного сцепления, поэтому физическую адсорбцию можно сравнить с явлением агломерации. Химические свойства загрязняющих веществ остаются неизменными при физической адсорбции. Благодаря сильной химической связи она оказывает большое влияние на структуру молекул загрязняющих веществ, поэтому хемосорбцию можно рассматривать как химическую реакцию, которая является результатом химического взаимодействия между загрязняющими веществами и активированным углем. Фундаментальное различие между физисорбцией и хемосорбцией заключается в силе, которая создает адсорбционную связь.

Проблема практического использования угольных адсорбентов в детоксикации почв заключается в следующем:

Мелкодисперсная препаративная форма активного угля (порошковая (пылевидная) фракция) в предыдущих исследованиях [1, 2] показала наилучшие результаты по поглотительной способности остаточных количеств пестицидов в сравнении с зерновой формой различных фракций. При этом использование порошковой фракции в растениеводстве для детоксикации почвы выявило сразу несколько недостатков:

1) при внесении в почву существующей в настоящее время сельскохозяйственной техникой происходит снос частиц ветром и, как следствие, неравномерность внесения, большой расход препарата;

2) при заделке препарата в почву происходит неравномерное его перераспределение в пахотном горизонте почвы;

3) возникают опасения связывания частицами активного угля элементов питания растений и, как следствие, перевод их в недоступную для растений форму.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве исходного сырья для получения активных углей (АУ) используются различные углеродсодержащие материалы, такие как: каменные угли, торф, древесина, скорлупа орехов и косточки плодов, различные отходы растениеводства и др. Кроме того, был разработан способ получения активного угля на основе переработки сырья, полученного из растительных остатков полевых культур с использованием парогазового метода активации. Образцы новых типов активных углей на основе соломы различных сельхозкультур получали парогазовым методом активации. Для этого исходную солому измельчали на фрагменты 1–3 см, карбонизовали в ретортной печи со скоростью подъема температуры 5–10 °С/мин до конечной температуры 450–550 °С с выдержкой при конечной температуре 15 минут. После завершения процесса карбонизации печь переводили в режим

активации, которую осуществляли перегретым водяным паром при температуре 800 °С в течение 1,5 часов. После завершения активации печь охлаждали до комнатной температуры, выгружали полученный активный уголь и определяли его адсорбционную активность и другие технологические параметры.

Активный уголь, используемый в наших исследованиях, имеет следующие характеристики: зернение – 0,5–2,8 мм; суммарный объем пор – 0,8 см<sup>3</sup>/г; адсорбционная активность по йоду – не менее 65%; массовая доля воды – не более 5% [3, 4, 5].

Активный уголь использовали в виде драже. Дражировали семена горчицы белой (*Sinapis alba*) сорт Елена с использованием прилипателя на основе клея ПВА. Затем дражированные семена подсушивали и делили на фракции: 2 мм, 3 мм, 4 мм, 5 мм.

Динамику роста дражированных семян оценивали по силе роста на фильтровальной бумаге с постоянным её увлажнением водой. Контролем служили недражированные семена.

Сорт горчицы белой, Елена, является раннеспелым сортом *Sinapis alba*, предназначенным для использования на семена, зеленую массу и в качестве сидерата. Внесен в Госреестр Российской Федерации, характеризуется вегетационным периодом 85–95 дней и высотой растений около 125–145 см. Обладает средней устойчивостью к полеганию и болезням, таким как черная ножка и фомоз.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ОБСУЖДЕНИЕ

Как показали результаты исследований по влиянию фракционного состава дражированных семян, наибольшую эффективность при прорастании семян и дальнейшем росте растений имела фракция – 5 мм, что свидетельствует об обеспечении транспорта влаги оболочкой дражированных семян к семени и сохранении её в стабильной форме. При посеве семян на фильтровальную бумагу 15 июля 2025 г., уже на третий день прорастания – 18 июля 2025 г. Проростки фракции 5 мм имели длину в 2,5 раза больше по сравнению с контрольными растениями. Семядольные листья были интенсивно зеленого цвета, что свидетельствует об активном фотосинтезе в них. Через 6 дней после посева, растения фракции 5 мм начали образовывать первый настоящий лист. Растения на контроле и других фракций имели только пару семядольных листьев. Одновременно было установлено, что при прорастании происходило разрушение оболочки драже и передвижение частиц активного угля в зоне роста проростков, в результате чего происходило заполнение объема почвы на 500% превышающее размеры семян.

## ВЫВОДЫ

В результате исследований было установлено, что семена двудольных растений, дражированные с применением активного угля, при прорастании, выносят семядоли на поверхность почвы и за счет ростовых процессов перемещают частички активного угля по пахотному горизонту заполняя объем почвы в 20 раз больший, чем объем самих драже. Таким образом, адсорбент имеет возможность динамично поглощать токсиканты из различных слоев почвы.

В дальнейшем, в зависимости от химического состава действующего вещества гербицида, происходит детоксикация молекул гербицида за счет химического гидролиза в кислой среде дерново-подзолистых почв системами почвенной микробиоты биохимический гидролитический распад молекул на составные части.

Таким образом, очищение почвы от остаточных количеств пестицидов можно проводить с помощью активного угля в виде порошка или дражированных семян с размером драже 5 мм на культурах, не подпадающей под действие используемого на данном поле гербицида не нарушая процесса производства сельскохозяйственной продукции. Молекулы действующего вещества гербицида, надежно связанные адсорбентом, проходят естественную детоксикацию в почве в течение одного года.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абубикеров В.А., Барышев М.Г., Мухин В.М., Каменер О.Е., Старцев В.И. Применение активных углей для нейтрализации остатков гербицидов в почве. Картофель и овощи. 2025. № 1. С. 27–31.

2. Безукладнов А.Г. Мухин В.М., Каменер О.Е., Яшина Н.И., Барышев М.Г., Старцев В.И., Абубикеров В.А., Мальгин И.В. Применение активного угля Агросорб для повышения урожая корнеплодов в условиях Подмосковья // Физико-химические проблемы адсорбции, структуры и химии поверхности нанопористых материалов: XXI Всероссийский симпозиум с международным участием, посвященный 125-летию российского физика-химика Л.В. Радускевича, 22–25 апреля 2025, Москва, Россия, Сборник трудов симпозиума. – М.: ИФХЭ РАН, 2025. – 265 с. С.18–20.

3. Кельцев Н.В. Основы адсорбционной техники. – М.: Химия. 1976. – 511 с. Мухин В.М., Каменер О.Е., Яшина Н.И., Барышев М.Г., Старцев В.И., Абубикеров В.А., Мальгин И.В. // Углеадсорбционная детоксикация почв, загрязненных остатками гербицидов. Сборник тезисов IX Всероссийской научной конференции «Актуальные проблемы теории и практики гетерогенных катализаторов и адсорбентов» Иваново-Плес 1–3 июля 2025 года С. 199–202.

4. Спиридонов Ю.Я., Мухин В.М., Воропаева Н.Л., Богданович Н.И. Угледсорбционная детоксикация почв, загрязненных остатками пестицидов // Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 85-летию со дня рождения Д.И. Чканикова «Современные проблемы гербологии и оздоровления почв» 21–23 июня 2016 г., Большие Вяземы. 2016. – С. 336–341.

## DEVELOPMENT OF AN EFFECTIVE PREPARATIVE FORM OF ACTIVE CHARGE TO REDUCE SOIL POLLUTION BY ECOTOXICANTS

Startsev V.I.<sup>1</sup>, Baryshev M.G.<sup>1</sup>, Mukhin V.M.<sup>2</sup>, Abubikerov V.A.<sup>1</sup>, Startseva L.V.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*FSBIS All-Russian Research Institute of Phytopathology,  
Russia, Bolshie Vyazemy, vssort@mail.ru*

<sup>2</sup>*JSC Elektrostal Scientific and Production Association «Neorganika»,  
Russia, Elektrostal, victormukhin@yandex.ru*

**Abstract:** The environmental safety of the agricultural territories of our country and the quality of the products produced on them are ensured by the scientifically grounded activities of the agro-industrial complex. Currently, this is the most urgent task of the dynamically developing economy of the Russian Federation.

Since the main means of production in crop production has been and remains the soil, the task of the agro-industrial complex is to preserve and improve its fertility in every possible way.

Long-term research conducted by FGBNU VNIIF together with JSC ENPO Neorganika has shown that the most effective method of restoring a safe level of soil productivity, with increasing production intensity, is carbon adsorption detoxification of residual amounts of pesticides.

When solving the problems of the ecologization of agro-industrial production of agricultural products, the use of active carbons in the technologies of cultivation of agricultural plants has such advantages as: selectivity of sorption of ecotoxins, universality of sorption properties, high absorption capacity, hydrophobicity, convenient preparation form in use, low cost.

**Keywords:** adsorption, soil pollution, herbicides, active carbon, soil detoxification, germination, seeds.

# ДВУЦЕПОЧЕЧНЫЕ НЕКОДИРУЮЩИЕ РНК – ИНСТРУМЕНТ СНИЖЕНИЯ ПАТОГЕННОСТИ ГРИБОВ РОДА *FUSARIUM* И ИНГИБИРОВАНИЯ БИОСИНТЕЗА МИКОТОКСИНОВ

Стахеев А.А.<sup>1</sup>, Багдасарова П.Е.<sup>2</sup>, Рогожин Е.А.<sup>1</sup>,  
Калинина Н.О.<sup>3</sup> Тальянский М.Э.<sup>1</sup>, Завриев С.К.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ГНЦ ФГБУН Институт биоорганической химии  
им. академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова РАН,  
Москва, Россия, [stakheev.aa@gmail.com](mailto:stakheev.aa@gmail.com)

<sup>2</sup>НИУ «Высшая школа экономики», Москва, Россия

<sup>3</sup>НИИ физико-химической биологии имени А.Н. Белозерского, Москва, Россия

**Аннотация** Направленное подавление активности генов, ответственных за патогенез, синтез токсинов и жизненно важные процессы с помощью РНК-опосредованного сайленсинга позволяет ингибировать рост и «отключать» патогенные свойства, обеспечивая защиту растений от вредителей. В настоящем исследовании нами показано, что обработка жидких культур гриба *Fusarium graminearum* раствором некодирующих двуцепочечных РНК, комплементарных последовательностям генов *Tri5* и *FgVel1*, приводит к снижению экспрессии целевых генов, и, как следствие, к снижению накопления дезоксиниваленола (ДОН) в среде. Дальнейшее прикладное развитие технологий, основанных на методе РНК-интерференции, может обеспечить создание экологически безопасных препаратов, которые послужат альтернативой традиционным фунгицидам.

**Ключевые слова:** *Fusarium graminearum*, РНК-интерференция, дцРНК, дезоксиниваленол.

## ВВЕДЕНИЕ

Грибы рода *Fusarium* являются одними из наиболее распространённых и опасных патогенов сельскохозяйственных культур, прежде всего злаков. Микотоксины, продуцируемые этими организмами, прежде всего трихотецены, фумонизины и зеараленон, представляют серьёзную угрозу для здоровья человека и животных, а также выступают фактором агрессивности гриба в отношении растения-хозяина. На сегодняшний день наиболее широко используемым методом борьбы с микотоксигенными грибами являются фунгициды, однако их эффективность ограничена быстро развивающейся устойчивостью патогенов, а также потенциальной опасностью химикатов для здоровья человека и животных (Ramirez et al., 2004). Поэтому актуальной задачей является разработка новых специфичных и экологически безопасных подходов, в т. ч. основанных на современных достижениях фундаментальной науки.

РНК-интерференция (РНКи) представляет собой природный механизм, позволяющий эукариотическим организмам регулировать уровень экспрессии генов, а также защищаться от вирусов и других патогенных организмов. Центральную роль в этом процессе играют белки семейств *Dicer* и *Argonaute*, а также РНК-зависимые РНК-полимеразы. Длинная некодирующая дцРНК разрезается белком *Dicer* на короткие интерферирующие РНК (киРНК), которые затем связываются с целевыми РНК по принципу комплементарности, а эти двуцепочечные комплексы, в свою очередь, расщепляются ферментом *Argonaute* (Vaulcombe, 2004).

Исследования показали, что внесение специфических дцРНК в культуру фитопатогенов, либо обработка ими зараженных растений позволяет ограничивать рост патогенных организмов и снижать вредоносность заболеваний (сайленсинг). Существует 2 основных подхода для обработки целевых патогенов двуцепочечными РНК: сайленсинг, вызванный дцРНК, экспрессированными в клетках растения-хозяина (host-induced gene silencing, HIGS) и сайленсинг, вызванный дцРНК, синтезированными искусственно и внесенными на поверхность растения, как правило, с помощью опрыскивания (spray-induced gene silencing, SIGS). Проблемой первого подхода является сложность получения трансгенных растений, а также длительность этих процедур. SIGS же относительно прост технически и может рассматриваться как альтернатива традиционным фунгицидам. Результаты ряда исследований продемонстрировали, что опрыскивание листьев и колосков злаков специфическими дцРНК приводит к снижению скорости появления и объема симптомов при последующем заражении грибами рода *Fusarium* (Koch et al., 2016; Tretiakova et al., 2022).

Цель настоящего исследования – оценить эффект внесения дцРНК, комплементарных генам *Tri5* и *FgVel1*, в жидкую культуру токсигенного гриба *F. graminearum*, на экспрессию соответствующих генов, рост гриба и накопление дезоксиниваленола. Результаты исследования могут послужить основой дальнейшему развитию методов, основанных на РНК-интерференции, и созданию на их основе препаратов для профилактики фузариоза и биосинтеза токсинов.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

### 1. Штамм *F. graminearum*, условия культивирования.

В работе был использован штамм *F. graminearum* MFG 58918, выделенный из пшеницы в Краснодарском крае в 2016 г. и предоставленный Всероссийским институтом защиты растений (ВИЗР, Санкт-Петербург-Пушкин). Для поддержания культуры использовался картофельно-сахарозный агар (КСА). Для индукции биосинтеза токсинов и оценки экспрессии генов использовалась жидкая среда Муро.

## 2. Синтез дцРНК.

Для синтеза дцРНК использовался набор HiScribe® T7 High Yield RNA synthesis kit (New England Biolabs, США) по протоколу производителя. Праймеры для синтеза дцРНК, содержащие последовательности T7-промоторов, сконструированы на основе выравнивания последовательностей генов *Tri5* и *FgVel*, депонированных в базе данных NCBI (GenBank). Физико-химические свойства праймеров оценивались с использованием пакета программ Oligob.

## 3. Внесение дцРНК в жидкие культуры грибов.

500 мкл раствора дцРНК (концентрация 50 нг/мкл) вносили в 50 мл среды Муго. Через 24 ч среды инокулировали 100 мкл суспензии конидий *F. graminearum* ( $1 \times 10^5$ ).

## 4. Выделение РНК.

Выделение РНК из жидких культур гриба осуществляли на 4 сутки роста с использованием набора RNeasy Plant Mini Kit (Qiagen, Германия) в соответствии с протоколом производителя. Оценку концентрации РНК проводили с помощью флуориметра Qubit (Life technologies, США).

5. Анализ относительной транскрипции целевых генов с использованием ПЦР-анализа.

Для оценки относительной экспрессии целевых генов использовались наборы олигонуклеотидов, включающие пару праймеров и флуоресцентно-меченые зонды, комплементарные последовательностям генов *FgVel*, *Tri5* и *Tef1a* (референс). Амплификация проводилась в детектирующем амплификаторе ДТ-96 (ДНК-технология, Россия) в соответствии со следующей программой амплификации: 94 °С – 1 мин (1 цикл); 94 °С – 10 с, 64 °С – 30 с, 72 °С – 5 с (35 циклов); 72 °С – 2 мин. Анализ относительной представленности транскриптов проводили с использованием  $2^{-\Delta\Delta Ct}$  метода.

## 6. Анализ содержания ДОН в жидких средах.

Анализ содержания ДОН проводили методом ВЭЖХ с использованием системы Waters 1525 Breeze. Элюция проводилась на колонке XBRIDGE VEN C18 (Waters, Ирландия) с использованием смеси ацетонитрил: метанол: вода (1:1:4). В качестве стандартного образца применялся аналитический стандарт M0101QN (Эврика, Россия).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Основной целью работы было изучение влияния, оказываемого внесением дцРНК, комплементарных генам *FgVel* и *Tri5* на их экспрессию у штамма *F. graminearum* при росте в жидкой культуре, а также на уровни накопления ДОН. Сравнение проводилось между контрольным (необработанным) образцом и образцом, в который была предварительно внесена дцРНК в концентрации

500 нг/мл среды. При расчетах уровень относительной экспрессии целевого гена в контроле принимался за 1,0, в качестве референса (гена, характеризующегося постоянным уровнем экспрессии) был выбран ген *Tef1α*. Анализ результатов показал, что при обработке дцРНК, комплементарной гену *Tri5*, уровень его относительной экспрессии снижался в 5,55 раз, и составил 18% от экспрессии в контроле (рис. 1). При обработке дцРНК, комплементарной гену *FgVel1*, эффект подавления относительной экспрессии был сильнее – 12 раз (92% по сравнению с контролем).

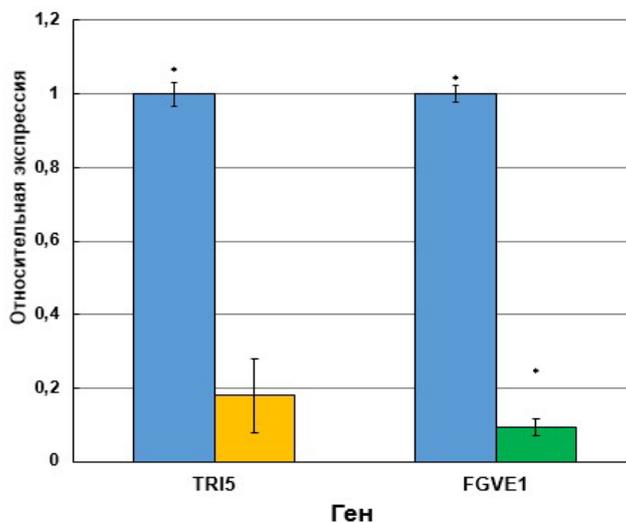


Рис. 1. Изменение относительной экспрессии генов *Tri5* и *FgVel1* в условиях обработки соответствующими дцРНК. Уровень экспрессии в контроле принят за 1. Голубые столбцы – контроль, оранжевый – ген *Tri5*, зелёный – ген *FgVel1*. Для каждого варианта указаны стандартные отклонения и р-значения

В дальнейшем, был проведен сравнительный анализ относительного содержания ДОН в жидких культурах *F. graminearum*, обработанных и не обработанных дцРНК. Было показано, что в образцах, обработанных дцРНК, комплементарной гену *Tri5*, содержание ДОН снижено в 4,5 раз, а в образцах, обработанных дцРНК, комплементарной гену *FgVel1* – в 3,3 раза (Рис. 2).

Данный результат представляется достаточно интересным. Если ген *Tri5* непосредственно отвечает за биосинтез трихотеценов, и подавление его экспрессии прямо приводит к остановке или ограничению синтеза ДОН, то ген *FgVel1* является универсальным регулятором, и снижение накопления токсина в среде, во видимому, является следствием снижения экспрессии генов трихотеценового кластера, обусловленного отсутствием или малым количеством VE1 как позитивного транскрипционного фактора.

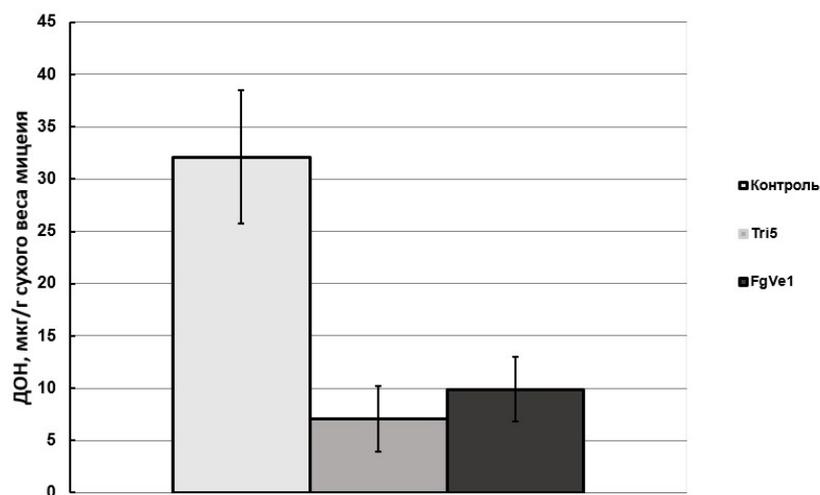


Рис. 2. Содержание ДОН (мкг/г сухого веса мицелия) в образцах, обработанных дцРНК, комплементарными генам *Tri5* и *FgVe1*

Таким образом, в настоящей работе показано, что применение некодирующих дцРНК позволяет влиять на транскрипцию генов и метаболические процессы у токсигенного *F. graminearum*, тем самым снижая биосинтез ДОН. Полученные результаты могут стать основой для разработки препаратов, позволяющих обрабатывать сельскохозяйственные культуры, усиливая их защиту от заражения токсигенными грибами.

#### БЛАГОДАРНОСТИ

Работа поддержана Российским научным фондом (проект № 23-74-30003).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Baulcombe D. RNA silencing in plants. *Nature*, 2004, 431, 356–363.
2. Koch A., Biedenkopf D., Furch A., Weber L., Rossbach O., Abdellatef E., Linicus L., Johannmeister J., Jelonek L., Goesmann A., et. al. An RNAi-based control of *Fusarium graminearum* infection through spraying of long dsRNAs involves a plant passage and is controlled by the fungal silencing machinery. *PLoS Pathogens*, 2016, 12, e1005901.
3. Ramirez M., Chulze S., Magan N. Impact of environmental factors on growth and deoxynivalenol production by *Fusarium graminearum* isolates from Argentinian wheat. *Crop Protection*, 2004, 23, 117–125.
4. Tretiakova P., Voegelé R.T., Soloviev A., Link T.I. Successful silencing the mycotoxin synthesis gene *TRI5* in *Fusarium culmorum* and observation of the reduced virulence in VIGS and SIGS experiments. *Genes*, 2022, 13, 395.

# DOUBLE-STRANDED NON-CODING DSRNAS AS A TOOL TO DECREASE PATHOGENICITY OF FUSARIUM FUNGI AND INHIBITION OF MYCOTOXIN BIOSYNTHESIS

Stakheev A.A.<sup>1</sup>, Bagdasarova P.E.<sup>2</sup>, Rogozhin E.A.<sup>1</sup>, Kalinina N.O.<sup>3</sup>,  
Taliatsky M.E.<sup>1</sup>, Zavriev S.K.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Shemyakin-Ovchinnikov Institute of Bioorganic Chemistry RAS,  
Moscow, stakheev.aa@gmail.com*

<sup>2</sup>*National research university «Higher school of economy», Moscow, Russia*

<sup>3</sup>*A.N. Belozersky Institute of Physico-Chemical Biology, Moscow, Russia*

**Abstract:** Directed silencing of the activity of genes, responsible for pathogenesis, mycotoxin biosynthesis and vital processes by RNA-mediated silencing allows to inhibit growth and disable pathogenic properties, providing plant protection from pests. In this research it was shown, that treatment of liquid cultures of *F. graminearum* by solution of non-coding dsRNAs, complementary to the genes *Tri5* and *FgVel1*, leads to inhibition of target genes expression and, as a consequence, to decrease of deoxynivalenol (DON) accumulation in liquid cultures. Further development of RNAi-based technologies can provide the development of ecologically safe assays that will serve as alternatives to traditional fungicides.

**Key words:** *Fusarium graminearum*, RNA interference, dsRNA, deoxynivalenol.

# ВЛИЯНИЕ ПОСЛЕУБОРОЧНОЙ ОБРАБОТКИ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ ИМПУЛЬСНЫМ НИЗКОЧАСТОТНЫМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ПОЛЕМ НА РАЗВИТИЕ БАКТЕРИАЛЬНОЙ ИНФЕКЦИИ В КЛУБНЕВЫХ ТКАНЯХ

Стацюк Н.В., Ульбашева С.А., Кузнецова М.А.

*Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии,  
Большие Вязёмы, Россия, nataafg@gmail.com*

**Аннотация:** Бактериозы, вызываемые видами рода *Pectobacterium*, наносят значительный экономический ущерб, являясь одной из основных причин потерь картофеля при хранении. Существующие методы контроля обладают ограниченной эффективностью, что актуализирует поиск альтернативных экологически безопасных подходов. Целью исследования была лабораторная оценка влияния послеуборочной обработки клубней импульсным низкочастотным электрическим полем (ИНЭП) на развитие мягкой гнили, вызванной *Pectobacterium carotovorum*. Опыты проводили на клубнях трех сортов картофеля (Аризона, Алуэтт, Сарпо Мира) после двух месяцев хранения. Обработку ИНЭП проводили в течение 24 ч. Через 72 ч после обработки клубневые ломтики инокулировали бактериальной суспензией и через 3 дня инкубации во влажной камере оценивали линейный размер развившихся некрозов. Проведенная обработка ИНЭП достоверно снижала развитие бактериального поражения клубневых тканей на сортах Аризона, Алуэтт и Сарпо Мира на 13,9% ( $p < 0,05$ ), 17,7% ( $p < 0,01$ ) и 19,6% ( $p < 0,01$ ), соответственно. Полученные результаты демонстрируют потенциал исследованного подхода как метода индукции резистентности клубней картофеля к бактериозам и указывают на перспективность дальнейших исследований по оптимизации параметров обработки и ее комбинации с другими защитными мерами.

**Ключевые слова:** картофель, бактериальные болезни хранения, импульсное низкочастотное электрическое поле, *Pectobacterium*.

## ВВЕДЕНИЕ

Продовольственная безопасность России в значительной степени зависит от продуктивности агропромышленного сектора. Производство стратегически важных сельскохозяйственных культур, в том числе картофеля, характеризуется определенным уровнем потерь урожая, связанным как с регулируемыми (совокупность агротехнических мероприятий в процессе выращивания культур, уборки урожая и его хранения), так и с нерегулируемыми (метеорологические условия вегетационного сезона и фитосанитарная обстановка) факторами. В число последних входят и сложноконтролируемые болезни картофеля, вызванные фитопатогенными бактериями, вирусами и виридами.

По экономической значимости бактериозы картофеля занимают второе место после фитофтороза (Лазарев, Хютти, 2016). Ежегодный вклад бактериальных

болезней в размер общих потерь урожая на поле варьирует в пределах 15–30% (Walker, 2004), а в эпифитотийные годы может достигать 50% (Анисимов и др., 2009). Более того, бактерии-возбудители различных гнилей картофеля являются одной из основных причин потерь картофеля, ассоциированных с болезнями хранения.

Бактерии рода *Pectobacterium*, ассоциированные с мягкой гнилью картофеля (*P. carotovorum* и *P. atrosepticum*), входят в топ-10 экономически значимых бактериальных патогенов растений (Mansfield et al., 2012). Основной ущерб от этих бактерий на картофеле связан с болезнями хранения и достигает примерно 30% (Farrar et al., 2009). Согласно многолетнему исследованию Dupius et al. (2021), отбраковка пораженных мягкой гнилью клубней столового картофеля и картофеля, предназначенного для переработки, вносит основной вклад в общие потери урожая, связанные с инфекцией этими бактериями (84,8 и 50,5%, соответственно).

В связи с весьма ограниченным арсеналом средств для контроля фитопатогенных бактерий и имеющимися ограничениями на применение многих коммерческих средств защиты на хранящейся агропродукции, разработка альтернативных экологически безопасных подходов для контроля бактериальных болезней хранения остается актуальной задачей. Одним из таких подходов может стать обработка клубней перед закладкой на хранение импульсным низкочастотным электрическим полем (ИНЭП). Ранее мы показали, что послеуборочная обработка клубней ИНЭП с последующей инокуляцией клубневых высечек *Phytophthora infestans* позволяет существенно снизить уровень поражения клубневых тканей фитофторозом и подавить спороношение патогена (Ульбашева и др., 2022). Целью настоящего исследования была лабораторная оценка эффекта послеуборочной обработки клубней картофеля ИНЭП на развитие некротического поражения клубневых тканей в результате их искусственной инокуляции *Pectobacterium carotovorum*.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве объекта исследования были использованы три сорта картофеля – Аризона (среднеранний), Алуэтт (среднезрелый) и Сарпо Мира (среднепоздний). Эксперимент проводили спустя два месяца после закладки клубней на хранение. Для эксперимента отбирали клубни без видимых внешних повреждений и признаков поражения болезнями. Для искусственной инокуляции использовали штамм *Pectobacterium carotovorum*, выделенный из пораженных бактериозом клубней картофеля сорта Аризона с экспериментального поля ВНИИФ (Раменская горка, Одинцовский район, Московская область).

Обработку клубней ИНЭП осуществляли с использованием экспериментального генератора импульсного электрического поля (частота основного сиг-

нала – 16 кГц, частота следования модулирующих импульсов – 200 Гц, напряженность создаваемого поля – 20 кВ/м). Продолжительность обработки составила 24 ч, что соответствовало ранее определенной оптимальной длительности обработки для повышения устойчивости клубней к фитофторозу (Кузнецова, 2000). Клубни, не подвергшиеся обработке, использовали в качестве контроля.

Через три дня после проведенной обработки клубни отмывали от земли, поверхностно дезинфицировали спиртом, снимали кожуру и разрезали на ломтики размером 0,7×0,7×5 – 7 см. Ломтики инокулировали путем кратковременного погружения одного конца на глубину 0,2 см в суспензию клеток *P. carotovorum* ( $2 \times 10^6$  КОЕ/мл, высокая инфекционная нагрузка). Инокулированные ломтики помещали во влажные камеры при температуре 28 °С. Степень развития бактериального поражения определяли через три дня по линейному размеру образовавшегося некротического участка.

Для каждого сорта картофеля опытный и контрольный варианты были заложены в четырех повторностях, по 10 ломтиков в каждой. Статистическая обработка полученных результатов была выполнена с использованием программного пакета Excel 2003. Значимость различий между опытом и контролем оценивали по *t*-критерию Стьюдента ( $p < 0,05$ ).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для всех трех сортов картофеля, использованных в исследовании, обработка клубней ИНЭП приводила к достоверному снижению степени развития бактериоза на клубневых тканях.

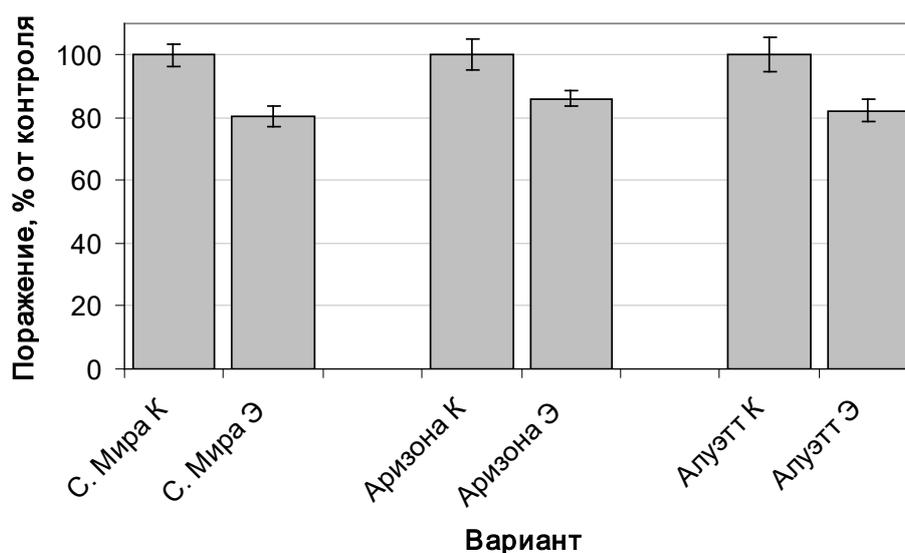


Рис. 1. Подавление развития мягкой гнили на тканях клубней картофеля в результате послеуборочной обработки ИНЭП. К – контроль, Э – опытный вариант

В результате проведенной обработки клубней линейный размер бактериальных некрозов на ломтиках клубней снижался на 13,9 ( $p < 0,05$ ), 17,7 ( $p < 0,01$ ) и 19,6% ( $p < 0,01$ ) для сортов Аризона, Алуэтт и Сарпо Мира, соответственно. Можно отметить тенденцию к увеличению эффекта для более поздних сортов, однако для подтверждения этого факта необходимо проведение дополнительного исследования. Полученные результаты согласуются с ранее выявленным эффектом повышения фитотороустойчивости тканей клубней картофеля разных сортов в случае их послеуборочной обработки ИНЭП (Ульбашева и др., 2022). Поскольку ранее было показано, что прямая обработка патогенных грибов ИНЭП не оказывает отрицательного влияния на их рост и развитие (Стацюк, 2016, Кузнецова, 2000), выявленный эффект является, скорее всего, непрямым.

Следует отметить, что контроль черной ножки картофеля и мягкой гнили клубней, вызываемых *P. carotovorum* subsp. *carotovorum*, в реальных условиях заметно осложняется ввиду широкого спектра растений-хозяев этой бактерии и ее способности к длительному выживанию в почве и на остатках растений (Baghaee-Ravari et al., 2013). Существующие меры контроля мягкой гнили клубней относятся преимущественно к превентивно-профилактическим (использование свободного от инфекции сертифицированного семенного материала, контроль за питанием растений, предотвращение контаминации, контроль условий хранения) и обеспечивают лишь частичную защиту, равно как и обработка клубней ультрафиолетом, горячей водой, паром и воздухом; применение химических методов защиты имеет ограниченную эффективность, связанную с проникновением патогена глубоко в ткани клубней, а также с лимитировано антирезистентной стратегией и ограничениями на применение антибиотических соединений в сельском хозяйстве (Osei et al., 2022). Селекция картофеля на устойчивость к бактериозам также пока не увенчалась успехом (там же). Активно исследуются биологические методы контроля бактериального поражения клубней; такие методы включают использование антагонистических микроорганизмов (Osei et al., 2022), бактериофагов (Bugaeva et al., 2021) и эфирных масел растительного происхождения (Vichová et al., 2024). Следует также упомянуть исследование подавляющего эффекта металлических наночастиц на развитие бактериальных поражений клубней (Abdelghany et al., 2022). Однако все вышеперечисленные подходы были либо реализованы только в лабораторных опытах, либо обеспечивали лишь частичное подавление инфекции.

Несмотря на лишь частичное подавление развития бактериозных некрозов на клубневых тканях, обнаруженный эффект предполагает определенные перспективы для продолжения исследований в этом направлении. В случае проведения обработки клубней в лечебный период (сразу после уборки) конечный эф-

фект может оказаться более выраженным; интересно было бы также оценить уровень подавления развития бактериозов для разной продолжительности обработки ИНЭП. Наконец, ввиду небольшой себестоимости обработки ИНЭП, может представлять интерес комбинирование представленного в данной работе подхода с другими методами с целью повышения общей эффективности защиты от бактериозов клубней во время хранения.

### БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена в рамках Государственного задания ФГБНУ ВНИИФ (тема № FGGU-2025-0002).

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анисимов Б.В., Белов Г.Л., Варицев Ю.А., Еланский С.Н., Журомский Г.К., Завриев С.К. и др. Защита картофеля от болезней, вредителей и сорняков. М.: Картофелевод, 2009.
2. Кузнецова М.А. Обоснование применения некоторых биологически активных препаратов и средств для защиты картофеля от фитофтороза: дис. ... канд. биол. наук. М., 2000. 124 с.
3. Лазарев А.М., Хютти А.В. О бактериозах картофеля. Сельскохозяйственные вести, 2016, 1, 15–17.
4. Стацюк Н.В. Повышение ресурсного потенциала картофеля путем обработки семенного материала импульсным низкочастотным электрическим полем: дис. ... канд. биол. наук. Владикавказ, 2016, 135 с.
5. Ульбашева С.А., Сметанина Т.И., Кузнецова М.А., Стацюк Н.В. Послеуборочная обработка клубней картофеля импульсным низкочастотным электрическим полем как способ повышения устойчивости к фитофторозу при хранении / Мат-лы V Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Фундаментальные и прикладные аспекты продовольственной безопасности». Большие Вяземы: ФГБНУ ВНИИФ, 2022, с. 155–162.
6. Abdelghany W.A., Mohamedin A.H., Abo-Elyousr K.A.M., Hussein M.A.M. Control of bacterial soft rot disease of potato caused by *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* using different nanoparticles // Archives of Phytopathology and Plant Protection, 2022, 55(14), 1638–1660.
7. Baghaee Ravari S., Moslemkhani K., Khodaygan P. Assessment of genetic variability of prevalent pectinolytic bacteria causing potato tuber soft rot in eastern Iran // Journal of Plant Pathology, 2013, 95 (1), 107–113.
8. Bugaeva E.N., Voronina M.V., Vasiliev D.M., Lukianova A.A., Landyshev N.N., Ignatov A.N., Miroshnikov K.A. Use of a specific phage cocktail for soft rot control on ware potatoes: a case study // Viruses, 2021, 13(6), 1095.

9. Czajkowski R., Pérombelon M.C.M., van Veen J.A. et al. Control of blackleg and tuber soft rot of potato caused by *Pectobacterium* and *Dickeya* species: a review // *Plant Pathology*, 2011, 60, 999–1013.
10. Dupuis B., Nkuriyigoma P., Van Gijsegem F. Economic impact of *Pectobacterium* and *Dickeya* species on potato crops: a review and case study. In: *Plant Diseases Caused by Dickeya and Pectobacterium Species* (Eds.: Van Gijsegem F., van der Wolf J.M., and Toth, I.K.). Cham: Springer, 2021.
11. Farrar J.J., Nunez J.J., Davis R.M. Losses due to lenticel rot are an increasing concern for Karen county potato growers // *California Agriculture*, 2009, 63, 127–130.
12. Mansfield J., Genin S., Magori S., Citovsky V., Sriariyanum M., Ronald P., et al. Top 10 plant pathogenic bacteria in molecular plant pathology // *Molecular Plant Pathology*, 2012, 13 (6), 614–629.
13. Osei R., Yang C., Cui L., Wei L., Jin M., Wei X. Antagonistic bioagent mechanisms of controlling potato soft rot // *Plant Protection Science*, 2022, 58 (1), 18–30.
14. Víchová J., Jílková B., Michutová M., Kmoch M. In vitro and in vivo antibacterial activity of selected essential oil components against *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* and *Pectobacterium atrosepticum* causing bacterial soft rot of potato tubers // *Heliyon*, 2024, 10(11), e32081.
15. Walker J. (Bacterial soft rot. In: Chupp C. (ed.): *Manual of Vegetable Plant Diseases*. New Delhi: Shristi Book Distributors, 2004.

**THE EFFECT OF POSTHARVEST TREATMENT  
WITH A LOW-FREQUENCY PULSED ELECTRIC FIELD  
ON POTATO TUBER RESISTANCE TO BACTERIOSES CAUSED  
BY *PECTOBACTERIUM CAROTOVORUM***

Statsyuk N.V., Ulbasheva S.A., Kuznetsova M.A.

*All-Russian Research Institute of Phytopathology,  
Bolshie Vyazemy, Russia, nataafg@gmail.com*

**Abstract:** Being a primary cause of potato spoilage during storage, bacterial diseases caused by *Pectobacterium* spp. result in significant storage losses. Current control methods have limited efficacy, so the search for alternative eco-friendly approaches still remains relevant. This study aimed at evaluating the effect of postharvest treatment with a low-frequency pulsed electric field (LF-PEF) on the development of soft rot caused by *Pectobacterium carotovorum* in potato tuber tissues under laboratory conditions. Experiments were conducted on tubers of three potato cultivars (Arizona, Alouette, Sarpo Mira) after two months of their storage. Tubers were treated with LF-PEF for 24 h. Then, after 72-h period, tuber slices were inoculated with a bacterial suspension, and the linear size of the necrotic lesions was assessed after 3 days of incubation in a wet chamber. Such LF-PEF treatment suppressed the development of necroses in tuber tissues of the Arizona, Alouette, and Sarpo

Mira cultivars by 13.9% ( $p<0,05$ ), 17,7% ( $p<0,01$ ), and 19,6% ( $p<0,01$ ), respectively. The results demonstrate the potential of LF-PEF treatment as a method for inducing resistance to bacterial diseases in potato tubers and indicate the prospects of the further studies intended to optimize treatment parameters or combine this approach with other protective measures.

**Key words:** potato, *Pectobacterium carotovorum*, soft rot, low-frequency pulsed electric field, postharvest treatment, induced resistance, storage.

# МИГРАЦИЯ ИМИДАКЛОПРИДА В ПОЛЕВОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ

Ступкина А.М., Бутько Н.Н., Кокорева А.А., Колупаева В.Н.

*Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии,  
Большие Вяземы, Россия, anna.stupkina.vniif@mail.ru*

**Аннотация:** В полевом производственном эксперименте изучено поведение инсектицида имидаклоприда. Установлено, что имидаклоприд длительно сохраняется в почве. На 35-е сутки содержание имидаклоприда в почве в зависимости от точки отбора составило 46–88% от внесенного количества. В эксперименте показано, что имидаклоприд активно мигрирует в почве, он обнаружен в слое 20–25 см.

**Ключевые слова:** инсектицид, имидаклоприд, почва, миграция, разложение.

## ВВЕДЕНИЕ

Загрязнение окружающей среды в результате применения пестицидов вызывает большую озабоченность у человечества. В зависимости от свойств, пестициды способны попадать не только в почву и поверхностные воды, но и просачиваться в грунтовые воды.

Имидаклоприд – это системный пестицид из группы неоникотиноидов, широко применяемый в сельском хозяйстве для борьбы с грызущими насекомыми (колорадский жук, хлебный жук), сосущими (тли, цикадки, дельфациты, трипсы, белокрылки, рисовые долгоносики и др.), термитами, некоторыми почвенными насекомыми. Данный пестицид широко используется уже на протяжении трех десятилетий.

Многочисленные исследования сообщают о высокой подвижности имидаклоприда в окружающей среде. Он был обнаружен в поверхностных водах, а также в подземных водах из скважин в неглубоких водоносных горизонтах в центральном песчаном районе Миннесоты [1]. В Пакистане в сельскохозяйственных районах и пригородах имидаклоприд был найден в 3-х образцах из 70-ти (4,3%) [2]. В пробах грунтовых вод Самоа, пестицид был определен в 72% образцов [3]. Инсектицид был обнаружен в скважинах Калифорнии (США) [4], Южной Кореи [5], на Канарских островах [6], в Китае [7]. Целью исследования было изучение миграции имидаклоприда в производственном эксперименте в условиях Нечерноземья.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Имидаклоприд является системным инсектицидом из группы неоникотиноидов. Его используют для обработки семенного материала, для опрыскивания

растений в период вегетации, вносят при посадке в борозды методом полива почвы. Благодаря ярко выраженному системному свойству, он способен проникать в сосудистую систему растения, которое становится токсичным для насекомого-вредителя.

В лабораторных условиях период полуразложения ( $DT_{50}$ ) варьирует в диапазоне 77–425 суток, в полевых условиях – в диапазоне 104–228 суток [8]. Значение константы сорбции  $K_{foc}$  составляет 109–411 [8], что позволяет отнести имдаклоприд к умеренно подвижным соединениям. Однако значение индекса, характеризующего потенциал выщелачивания GUS, равно 3,69, что говорит о его высокой способности вымывания из почвы [8].

Полевой опыт был заложен на агроландшафтном полигоне во Всероссийском НИИ мелиорированных земель (ВНИИМЗ) в п. Эммаусс Тверской области. На полигоне имеется дренажная система, которая способствует отводу излишков влаги за пределы используемых полей. На участке площадью 15 га был посажен картофель. Испытательный участок находился на склоне. 22 июня 2022 года была проведена обработка препаратом Имидор, ВРК (200 г/л имдаклоприда) в норме применения 0,25 кг/га, что составляет 0,05 кг/га по действующему веществу. На 35-е сутки ручным буром были взяты образцы почвы до глубины 25 см. Отбор проводился в трех точках на верхней, средней и нижней частях склона. Отбирали один смешанный образец из пяти индивидуальных.

Почва участка дерново-подзолистая легкосуглинистая,  $pH_{KCL}$  5,27–5,56, содержание гумуса 3,07–4,42%.

Определение остаточных количеств имдаклоприда в почве проводили согласно методическим указаниям [9]. Экстракцию пестицида из почвы осуществляли раствором ацетонитрила, с последующей очисткой экстракта гексаном и дальнейшей переэкстракцией в хлористый метилен. Определение остаточных количеств имдаклоприда проводили на жидкостном хроматографе Knauer Smartline 2500. Предел обнаружения имдаклоприда в почве составил 2 мкг/кг.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследования приведены в таблице. Как видно из приведенных данных, пестицид на 35-е сутки мигрировал на глубину до 25 сантиметров. Большая часть вещества находится в верхнем слое почвы, однако, значительное его количество так же распределено по всему пахотному горизонту. Сравнивая три точки, которые находятся на разной высоте по склону, видно, что происходит накопление имдаклоприда в средней и нижней точках на склоне.

Общее содержание пестицида в почве в процентах от внесенного вещества для каждой точки приведено в таблице. В верхней точке 1 обнаружено 46% от

внесенного количества инсектицида, в нижней точке 7–88%. Таким образом, наблюдается нарастание содержания от верхней точки отбора образцов к нижней. По-видимому, наблюдается поверхностный перенос вещества по склону и его накопление в нижней точке. Одновременно с этим происходит вертикальная миграция имидаклоприда в почве. Из таблицы видно, что концентрация пестицида в нижних слоях выше в точке 7, чем в точках 5 и 1.

За время наблюдения, с момента внесения до отбора образцов, выпало 53,6 мм осадков. Это способствовало транспорту инсектицида. Также можно предположить, что отвод воды с помощью дренажной системы увеличивает поток влаги и стимулирует миграцию пестицида. Наше исследование подтверждает данные других авторов [1–7] и наши предыдущие исследования имидаклоприда в лизиметрах [10].

Таблица

**Результаты анализа почвы на 35-е сутки по точкам**

Глубина, см	Концентрация, мкг/кг		
	Точка 1	Точка 5	Точка 7
0–5	30,19	23,70	30,44
5–10	5,09	14,17	16,41
10–15	0,00	14,61	6,82
15–20	5,98	6,95	20,17
20–25	5,03	9,84	14,45
<b>Общее содержание, % от внесенного количества</b>	<b>46</b>	<b>69</b>	<b>88</b>

**БЛАГОДАРНОСТИ**

Работа выполнена в рамках Государственного задания (тема № FGGU-2025-0005) с использованием оборудования ЦКП ФХБИ.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Imidacloprid and Groundwater. Minnesota Department of Health. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.health.state.mn.us/communities/environment/risk/docs/guidance/gw/imidainfo.pdf>
2. Baig S.A., Akhter N.A., Ashfaq M., Asi M.R., Ashfaq U. Imidacloprid residues in vegetables, soil and water in the southern Punjab, Pakistan // Journal of Agricultural Technology. – 2012. – V. 8, № 3. – P. 903–916 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.ijat-aatsea.com>.

3. Welch E.M. Field assessment and groundwater modeling of pesticide distribution in the Faga`alu watershed on Tutuila, American Samoa. Thesis. 110 p. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.soest.hawaii.edu/oceanography/oceanwp/wp-content/uploads/2021/05/Welch-Eric.pdf>.
4. DPR, 2021 Notice of imidacloprid residue detections in California groundwater and the Pesticide Contamination Prevention Act review process. California Notice 2021-08. September 21, 2021 Pesticide Registration Branch, Department of Pesticide Regulation, California Environmental Protection Agency, Sacramento, CA. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.cdpr.ca.gov/docs/registration/canot/2021/ca2021-08.pdf>.
5. Park S.; Choi H.; Kim D.-H.; Kim H.-K. Evaluation of the Health Risk and Distribution Characteristics of Pesticides in Shallow Groundwater, South Korea. *Water* 2024, 16, 584. <https://doi.org/10.3390/w16040584>.
6. S.G. Cavero, J.C. Santamarta, N. Cruz-Pérez, et al., Comparative study of emerging pollutants of interest in the groundwater of the volcanic islands of La Palma and El Hierro (Canary Islands), *Science of the Total Environment* (2023), <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.172026>.
7. Monitoring and risk assessment of pesticide residue in plant-soil-groundwater system about medlar planting in Golmud Xiuyan Jing<sup>1</sup> & Wenyuan Zhang<sup>1</sup> & Jinyan Xie<sup>1</sup> & Wenji Wang<sup>1</sup> & Tong Lu<sup>1</sup> & Qiangfei Dong<sup>1</sup> & Hongbin Yang *Environmental Science and Pollution Research* <https://doi.org/10.1007/s11356-021-12403-0>.
8. THE PPDB – Pesticide Properties Database [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/iupac/index.htm> (дата обращения 20.10.2023).
9. «Методические указания по определению остаточных количеств имидаклоприда в воде, почве, зерне и соломе зерновых колосовых культур, картофеле, пастбищных травах, огурцах, томатах и плодовых семечковых культурах методом высокоэффективной жидкостной хроматографии». Методические указания МУК 4.1.1802- 03.
10. Оценка чувствительности, настройка и сравнение математических моделей миграции пестицидов в почве по данным лизиметрического эксперимента / Е.В. Шеин, А.А. Кокорева, В.С. Горбатов [и др.] // *Почвоведение*. – 2009. – № 7. – С. 826–835.

## MIGRATION OF IMIDACLOPRID IN A FIELD EXPERIMENT

Stupkina A.M., Butko N.N., Kokoreva A.A., Kolupaeva V.N.

*All-Russian Research Institute of Phytopathology,  
Bolshie Vyazemy, Russia, anna.stupkina.vniif@mail.ru*

**Abstract:** The behavior of the insecticide imidacloprid was studied in a field experiment. Imidacloprid was found to persist in soil for a long time. On the 35th day, imidacloprid levels in the soil, depending on the sampling point, ranged from 46% to 88% of the applied amount. The experiment demonstrated that imidacloprid actively migrated through the soil, being detected in the 20–25 cm soil layer.

**Keywords:** insecticide, imidacloprid, soil, migration, decomposition.

# К ОПИСАНИЮ СИМПТОМАТИКИ, МЕХАНИЗМОВ ЗАРАЖЕНИЯ И РАСПРОСТРАНЕНИЯ *PLASMOPARA HALSTEDII* (FARLOW) BERLESE & DE TONI, ВОЗБУДИТЕЛЯ ЛОЖНОЙ МУЧНИСТОЙ РОСЫ ПОДСОЛНЕЧНИКА

Таракановский А.Н.<sup>1</sup>, Бедловская И.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Союз фитопатологов, E-mail: a@tarakanovsky.com

<sup>2</sup> Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина

**Аннотация:** Подтверждена симптоматика и механизм заражения и распространения ложной мучнистой росы подсолнечника в условиях чрезмерного увлажнения. Рекомендовано использование фунгицидов при наличии единичных симптомов болезни, учитывая преимущественно почвенное сохранение патогена. Отмечено, что севооборот является наиболее эффективным приемом контроля развития заболевания.

**Ключевые слова:** *Helianthus annuus*; *Plasmopara halstedii*; ложная мучнистая роса; симптоматика; жизненный цикл; мономертроф; болезни подсолнечника.

## ВВЕДЕНИЕ

Ложную мучнистую росу (ЛМР) подсолнечника вызывает оомицет *Plasmopara halstedii* (Farlow) Berlese & de Toni, вызывающий значительные потери урожая подсолнечника на территории всей Европы, достигая локально до 100% [1, 3]. *Plasmopara halstedii* является мономертрофом (облигатным биотрофом), который поражает только виды рода *Helianthus* L. В зависимости от стадии развития подсолнечника, на которой происходит заражение, характерные симптомы варьируются от гибели всходов, карликовости растений, обесцвечивания листьев и формирования спороношения на нижней части листьев до образования бесплодных цветков. Описание механизмов заражения и распространения *P. halstedii* является основной предпосылкой для разработки мер эффективной борьбы с этим патогеном.

Поскольку болезни представляют значительный риск при выращивании подсолнечника, увеличение посевных площадей может представлять серьезные проблемы для фермеров, селекционеров и специалистов по защите растений [2, 3].

Особенности симптоматики *Plasmopara halstedii* и механизмы заражения растений.

Возбудитель ложной мучнистой росы подсолнечника таксономически относится к царству Chromista, типу Oomycota, классу Oomycetes, пор. Peronosporales, сем. Peronosporaceae, роду *Plasmopara* [4].

Известны различные типы заражения подсолнечника ложной мучнистой росой, от системных до локальных и почти бессимптомных латентных форм. Агрономически наиболее значимой является системная инфекция, которая поражает все органы растения и вызывает типичные симптомы карликовости, хлороза или раннего увядания. Эта форма заражения обычно реализуется из ооспор в почве или в оболочках семян. Она поражает всходы на ранней стадии прорастания, и поэтому *P. halstedii* часто характеризуется как почвенный патоген.

Селекция на устойчивость и обработка семян фунгицидами являются наиболее эффективными мерами защиты подсолнечника от этого типа внедрения патогена через корневую систему и молодой гипокотиль. Однако защита фунгицидами длится всего несколько недель, а листья даже устойчивых генотипов подсолнечника могут быть восприимчивы ко вторичной инфекции, передающейся аэрогенно и митотически полученной из зооспорангиев.

После того, как патоген обосновался в ткани хозяина, гифы распространяются по межклетникам и выходят наружу через устьица, а расселение происходит посредством зооспорангиев на поверхности растения. Это инициирует аэрогенную фазу жизненного цикла. Спорангии могут распространяться на большие расстояния анемохорно и приводить к так называемым вторичным инфекциям на надземных частях подсолнечника (рисунок 1).



Рис. 1. Спорангии и спорангиеносцы *P. halstedii* (Таракановский, 2023)

Однако этот тип заражения не считается существенным с экономической точки зрения для производства подсолнечника, поскольку он приводит к поражениям, которые в основном остаются локальными и временными, тем самым вызывая несколько поражений листьев, но не влияя на развитие растений. Тем не менее, в периоды прохладной и влажной погоды наблюдались локальные инфекции, которые позже стали системными. Более того, воздушно-капельное за-

ражение зооспорангиями во влажные периоды приводило к почти бессимптомному поражению корзинок, что снижало вес семян до 40% и к развитию ооспор в инфицированных семенах.

Симптомы заболевания включают увядание всходов, карликовость растений, обесцвечивание листьев, начиная с жилок, и видимое белое спороношение, изначально на нижней стороне семядолей и листьев (рисунок 2).

Локальное заражение листьев происходит часто, но часто не привлекает особого внимания. В результате на листьях появляются небольшие угловатые бледно-зеленые пятна, строго ограниченные жилками (это отличает ЛМР от грибных и бактериальных заболеваний подсолнечника). В условиях высокой относительной влажности на нижней поверхности листа развивается налет спороношения патогена. На более поздней стадии ткань хозяина отмирает, оставляя коричневатые поражения листьев.

Процесс заражения реализуется следующим образом. Весной прорастание перезимовавших ооспор приводит к заражению корней подсолнечника. Межклеточные гифы отвечают за системную колонизацию растений и индукцию симптомов заболевания. Во влажных условиях патоген производит структуры размножения на всех органах растения для высвобождения бесполой зооспорангиев. Эти зооспорангии играют важную роль в распространении патогена, поскольку они выпускают подвижные жгутиковые зооспоры, которые ответственны за заражение листьев на соседних растениях при наличии капельной влаги [5].

Контроль ложной мучнистой росы достигается как обработкой семян (например, д.в. мефеноксам), так и использованием в селекции доминирующих генов устойчивости. Однако отмечено, что патоген активно развивает устойчивость к некоторым фунгицидам (например, стробилуринам) и преодолел некоторые гены устойчивости растений.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Маршрутными обследованиями на подсолнечнике в период от 6–8 листьев до начала формирования соцветий в отдельных хозяйствах Республики Адыгея, Краснодарского края, юга Ростовской области, а также Тульской и Пензенской областей с 2023 по 2025 гг. на отдельных гибридах и сортах нами было отмечено поражение ЛМР при наступлении благоприятных для развития патогена условий, а именно выпадение кратковременных, но обильных осадков (ливневого характера, в течение трех-четырёх дней).

Первые признаки проявления ложной мучнистой росы обнаруживались в фазу 4–6 листьев (рисунок 2).

Известно, что фунгицидами из класса триазолов невозможно остановить развитие ложной мучнистой росы, но применением д.в. классов карбоксамиды или стробилурины возможно не допустить дальнейшего перезаражения здоровых растений. Считается, что даже наличие единичного поражения растений ЛМР является при осадках в прогнозе основанием для профилактического применения фунгицидов.

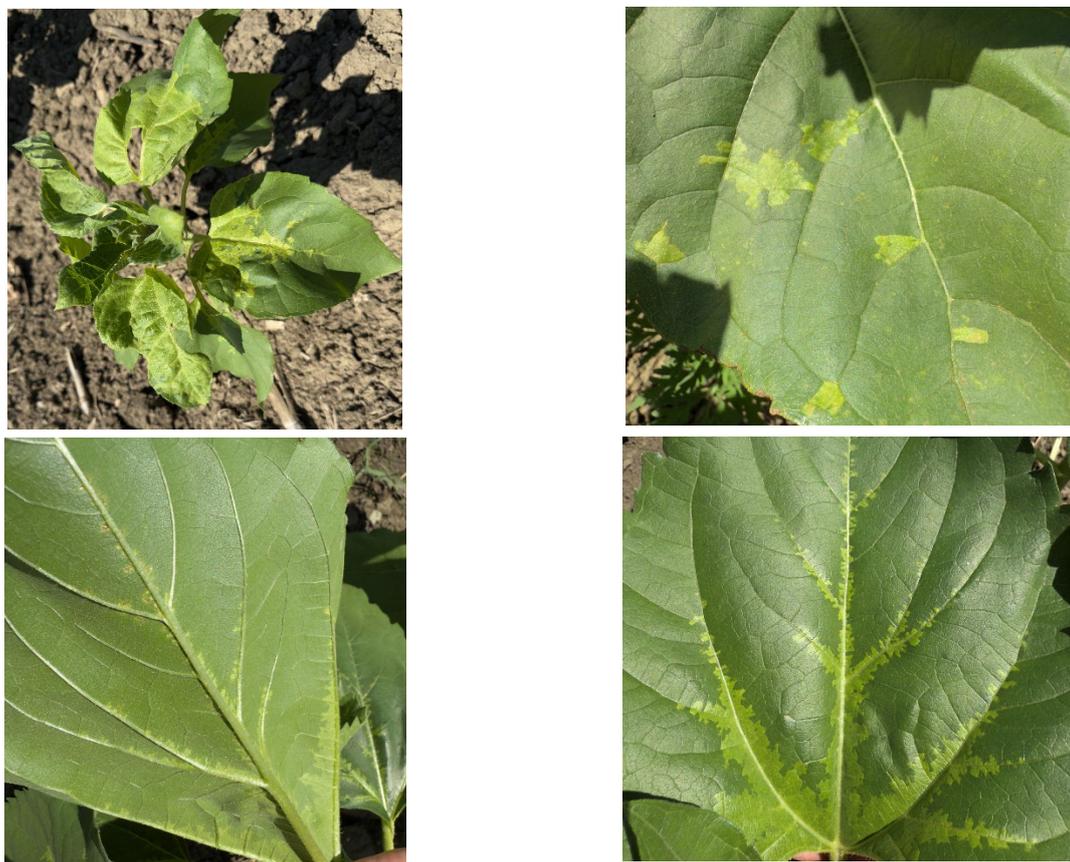


Рис. 2. Симптомы ложной мучнистой росы подсолнечника (Таракановский, 2025)

При диффузном поражении, при котором растения отстают в росте, стебли укорачиваются и утолщаются, листья становятся мелкими и хлоротичными, а на нижней их стороне формируется спороношение патогена. При аэрогенном заражении на хорошо развитых растениях на верхней стороне листьев образуются крупные угловатые маслянистые пятна, на нижней – характерное белое спороношение. При проникновении патогена в завязь происходит отмирание зародышей генеративных органов (корзинки у таких растений отсутствуют или не наклоняются). При скрытом течении болезни патоген локализуется в нижней части стебля, иногда проникает в ткани эпидермиса на высоте 25–30 см; пораженная часть стебля становится светло-зеленой.

Необходимо указать на важность чёткого отличия симптоматики поражения ЛМР от ятрогенных болезней, вызванных, чаще всего, сносом рострегулирующих гербицидов (дикамба, 2,4-D и др.) или ошибками, связанными с плохой промывкой опрыскивателя после предыдущих обработок. В этом случае жилки листа сближаются, деформируются и листовая пластинка выглядит гофрировано, что наиболее характерно для гербицидного повреждения. Чаще всего поврежденные растения в поле расположены либо с краев, либо локально зонированы (рисунок 3).



Рис. 3. Симптомы проявления сноса рострегулирующих гербицидов на подсолнечник (Таракановский, 2025)

### Жизненный цикл и симптоматика *Plasmopara halstedii* (Farlow) Berlese & de Toni

Основными структурами, осуществляющими первичное заражение растений, являются ооспоры, сохраняющиеся в почве, в пораженных растительных остатках и на семенах.

Вторичное перезаражение осуществляется спорангиеспорами; наиболее эффективно перезаражение осуществляется в условиях влажной и прохладной погоды, которая способствует прорастанию спорангиоспор на поверхности растения-хозяина (рисунок 4).

Симптомы, вызываемые *P. halstedii* у подсолнечника разнообразны и зависят от возраста ткани, уровня прессинга инфекционного начала, реакции сорта/гибрида и условий окружающей среды (влажность и температура). Долгое время широко игнорировалось, что эти локальные инфекции могут привести к системной инфекции, когда грибок прорастает через черешки в стебель [6].

Таким образом, ряд таких условий, как высокий фитопатогенный потенциал почвы из-за насыщения севооборота подсолнечником и отсутствие такого агроприема, как лущение стерни (ооспоры способны сохраняться в тканях корневой системы, листьях, стеблях, а после их трансформации в почве до 6-8 лет), а также чрезмерное увлажнение (очень частое и обильное выпадение осадков в течение вегетации) способствовали массовому прорастанию зооспор в почве (прорастают в капельно-жидкой влаге) способствовали эпифитотийному распространению ложной мучнистой росы именно на определённых полях. Вероятность проявления семенной инфекции в таких масштабах (даже при благоприятных погодных предикторах) ничтожна. Таким образом, во влажные годы возрастает риск заражения семян (околоплодника в основном), в засушливые – падает до незначительного значения.

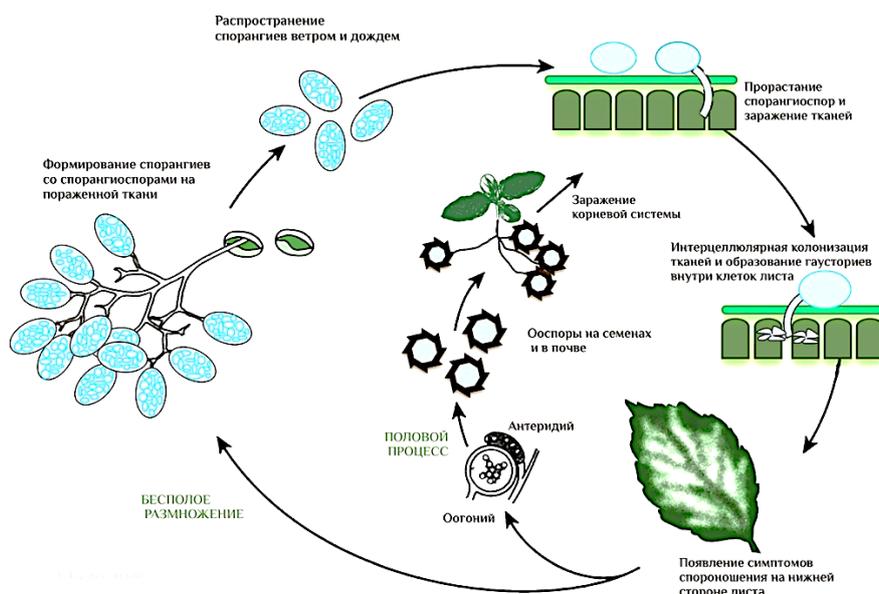


Рис. 4. Цикл развития *Plasmopara halstedii* (А. Таракановский, 2024)

В качестве тактического контроля ложной мучнистой росы наиболее эффективным способом является применение фунгицидов на основе мультисайтовых действующих веществ, а также карбоксамидов и/или стробилуринов (триазолы не эффективны) на ранних стадиях развития болезни при первых ее симптомах проявления в поле. Среди действующих веществ наиболее эффективны препараты на основе диметоморфа, манкоцеба, циазофамида, азоксистробина (но только для предотвращения перезаражения).

В любом случае сбалансированный и обоснованный севооборот, а также устойчивые сорта и гибриды остаются наиболее эффективным подходом к предотвращению значительных потерь урожая подсолнечника от ложной мучнистой росы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Nisha N., Vinogradov S., Körösi K., Berisha A., Bán R. Assessing the Sensitivity of *Plasmopara halstedii* Isolates to Mefenoxam through Host Responses. *Microorganisms*. 2023 Mar 23; 11 (4): 821.
2. Gascuel Q., Martinez Y., Boniface M.C., Vear F., Pichon M., Godiard L. The sunflower downy mildew pathogen *Plasmopara halstedii*. *Mol Plant Pathol*. 2015 Feb; 16 (2): 109–22.
3. Bán R.; Kiss J.; Pálinkás Z.; Körösi K. Placing Management of Sunflower Downy Mildew (*Plasmopara halstedii* (Farl.) Berl. et de Toni) under an Integrated Pest Management (IPM) System Approach: Challenges and New Perspectives. *Agronomy* 2023, 13, 1029. <https://doi.org/10.3390/agronomy13041029>.
4. <https://gd.eppo.int/taxon/PLASHA>.
5. Spring O. Transition of secondary to systemic infection of sunflower with *Plasmopara halstedii* – an underestimated factor in the epidemiology of the pathogen, *Fungal Ecology*. Vol. 2, Issue 2. – 2009, p. 75–80.
6. <https://doi.org/10.1079/cabicompendium.41911>.

#### **TO DESCRIPTION OF INFECTION AND SPREAD MECHANISMS OF PLASMOPARA HALSTEDII (FARLOW) BERLESE & DE TONI, THE CAUSATIVE AGENT OF DOWNY MILDEW OF SUNFLOWER]**

Tarakanovsky A.N.<sup>1</sup>, Bedlovskaya I.V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *The President of the Union of Phytopathologists, Krasnodar,  
E-mail: a@tarakanovsky.com*

<sup>2</sup> *Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
“Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin”*

**Abstract:** The symptoms and mechanism of *Plasmopara halstedii* infestation and spread of downy mildew on sunflower under conditions of increased (even nonsignificant) moisture have been confirmed. The use of fungicides is recommended in presence of low severity of disease, thanks to the soil pathogen' preservation. It has been noted that crop rotation is the most effective method of downy mildew' control.

**Key words:** *Helianthus annuus*; *Plasmopara halstedii*; downy mildew; symptoms; life cycle; monomertroph; sunflower diseases.

# ОБЫКНОВЕННАЯ КОРНЕВАЯ ГНИЛЬ В ПОСЕВАХ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ, ЗАЩИЩЕННОЙ КОМПОЗИЦИЯМИ НОВОХИЗОЛЯ

Теплякова О.И., Фоменко В.В., Бердникова Т.В.

Сибирский научно-исследовательский институт земледелия,  
биологизации и цифровизации СФНЦА РАН,  
р.п. Краснообск, НСО, Россия, rudol4757@mail.ru

**Аннотация:** В Новосибирской области основной метод контроля возбудителей обыкновенной корневой гнили – *Bipolaris sorokiniana* Shoem. и *Fusarium* spp., наносящих вред на первых этапах органогенеза яровой мягкой пшеницы – обработка семян перед посевом фунгицидами. Вместе с тем известно, что химический метод не безвреден, в связи с чем актуален поиск экологических средств защиты – препаратов со сниженным количеством действующего вещества. Институтом органической химии СО РАН предложена формуляция Новохизоля с уменьшенным (в 13,4 раза) количеством д.в. Дивиденда, Экстрим, КС (Дифеноконазол, 6,88 г/л + Мефеноксам, 1,71 г/л.). Ее испытание в полевых условиях показало, что под посевом протравленных семян на первых этапах органогенеза в прикорневой зоне яровой пшеницы снижалась плотность спор *B.sorokiniana*, развитие обыкновенной корневой гнили на первичных корнях и прикорневой части растений.

**Ключевые слова:** обыкновенная корневая гниль, яровая мягкая пшеница, композиции Новохизоля.

## ВВЕДЕНИЕ

В целях экологизации защиты растений от широкого спектра патогенов распространение получили биопестициды на основе хитозана. Один из них – Новохизол – препарат, полученный путем внутримолекулярной сшивки линейных молекул хитозана, имеет глобулярную форму, что обеспечивает ему ряд преимуществ перед хитозаном. Кроме фитосанитарного эффекта Новохизол оказывает стимулирующее действие на рост и развитие мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) [1, 2]. Цель настоящего исследования – изучить воздействие композиций Новохизоля на заселенность почвы фитопатогеном *Bipolaris sorokiniana* Shoem. и пораженность яровой мягкой пшеницы обыкновенной корневой гнилью на первых этапах органогенеза.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Композиции Новохизоля использовали в качестве протравителей. Эксперимент закладывали (2021–2022 гг.) на безотвально обработанном черноземе выщелоченном среднесуглинистом, средней мощности в северной лесостепи Новосибирской области. Яровую мягкую пшеницу Новосибирская 31, высевали по

пару. Осенью проводилось глубокое безотвальное рыхление стойками СибИМЭ, весной – закрытие влаги боронами БИГ-3А и предпосевная культивация (6–8 см; «Степняк»). Посев 21 и 20 мая. Повторность опыта – 3-х кратная,  $S_{\text{делянки}} = 14,7 \text{ м}^2$ . Варианты опыта: 1 – контроль, без обработки семян; 2 – коммерческий фунгицид Дивиденд Экстрим, КС, (д.в. Дифенокназол, 92 г/л + Мефеноксам, 23 г/л), 0,6 л/т; 3 – композиция Новохизоля с уменьшенным в 13,4 раза количеством д.в. Дивиденда, Экстрим, КС: Новохизоль, 2,5% + Янтарная кислота, 1,25% + Дифенокназол, 6,88 г/л + Мефеноксам, 1,71 г/л; 0,6 л/т; 4 – Новохизоль, 1% +  $\text{Cu}^{+2}$ , 7 мг/мл, норма расхода 0,6 л/т. Обе формуляции предложены институтом органической химии СО РАН [1]. Обработку семян проводили с увлажнением (10 л/т) в закрытых пластиковых емкостях за 6 дней до посева. Развитие обыкновенной корневой гнили определяли дифференцированно по органам, заселенность прикорневого слоя почвы методом флотации [3]. Статистическую обработку данных осуществляли при помощи пакета прикладных программ «СНЕДЕКОР», Statistica 6,0, Excel 2013. Исследования проведены в контрастные по увлажнению годы. В 2021 г. за май-август выпало 187,9 мм (24,8, 73,3, 22,4 и 67,4 мм; превышение нормы (+) или недобор (–) (от многолетних значений) по месяцам составило: –45,2; +64,3; –68,9 и +2,1%); В 2022 г. – 113,1 мм (2,5; 59; 28,4 и 23,2 мм; –93,1; +1,7; –60,6 и –64,8%). Среднесуточная температура соответственно в мае-августе 2021 года достигала 15,1; 17,2; 21,0 и 19,1 °С с отклонением от многолетних значений: + 4,0; –0,5; +0,7 и +2,8 °С; 2022 г. – 15,3; 17,2; 18,9 и 16,5 °С (+5,0; +0,5; –0,1; +0,7 °С).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Накопление конидий *V. sorokiniana* в прикорневом слое растений, защищенных композициями Новохизоля по годам разнилось и зависело от их состава (табл. 1). Степень влияния (по Снедекору) препаратов на уровень плотности патогена в обе фазы была высокой: 80,8 и 81,0% – 2021 г; 97,5 и 99,5% – 2022 г.

На самом раннем этапе развития (2 листа) заметное снижение инфекционного потенциала происходило под растениями защищенными препаратами с д.в. Дивиденда Экстрим, КС. В этих вариантах численность конидий уменьшалась в 1,3 раза (или до  $67,50 \pm 2,50$ ;  $66,25 \pm 1,25$ ; контроль =  $86,3 \pm 3,15$  шт./1 г. почвы;  $\text{НСР}_{05} = 6,76$ ). Т. е. обработка семян как коммерческим фунгицидом, так и композицией, содержащей уменьшенное в 13 раз количество его д.в., вызывала фитосанитарный эффект на уровне 1 ПВ (20 кон. /1 г возд.-сух. почвы).

**Накопление конидий *B. sorokiniana* в верхнем прикорневом слое почвы под яровой пшеницей, защищенной композициями Новохизоля, фаза 2-х и 4-х листьев, шт./ 1 возд. – сух. почвы 2021–2022 гг.**

Показатель	1 – без обработки семян, контроль		2 – Дивиденд Экстрим, КС		3 – Новохизоль + Дифенокназол, 6,88 г/л + Мефеноксам, 1,71 г/л;		4 – Новохизоль, 1% + Cu <sup>+2</sup> , 7 мг/мл	
	2 листа	4 листа	2 листа	4 листа	2 листа	4 листа	2 листа	4 листа
2021 г.								
Всего, из них:	<b>86,3</b>	141,3	<b>67,5</b>	106,3	<b>66,3</b>	117,5	<b>76,2</b>	133,8
проросшие, %	21,7	38,9	20,4	32,9	30,2	51,0	23,0	61,7
не проросшие, %	15,9	20,3	37,0	36,5	18,9	23,4	21,3	16,8
2022 г.								
Всего, из них:	<b>55,0</b>	113,8	<b>65,0</b>	73,7	<b>40,0</b>	82,50	<b>135,0</b>	310,0
проросшие, %	13,6	52,7	21,2	16,9	15,6	45,5	64,8	50,8
не проросшие, %	11,3	14,3	7,69	6,8	12,5	12,1	11,1	27,0

Аналогичный результат от обработки семян Новохизолем в комплексе с медью не достигался, здесь заселенность прикорневого слоя падала только на 0,5 ПВ (до  $76,25 \pm 1,25$  конидий/1 г. почвы), а в 2022 г. даже значительно увеличивалась (в 2,5 раза или до  $135,0 \pm 4,56$ ; контроль =  $55,0 \pm 2,89$  шт.;  $НСР_{05} = 10,43$ ), тогда как эффект от обработки фунгицидной композицией Новохизоля сохранялся и во второй год исследований: уровень заселенности почвы этого варианта достигал  $40 \pm 3,54$  конидий, что достоверно ниже контроля ( $55,0 \pm 2,89$  шт.) на 0,75 ПВ (табл. 1). Анализ накопления пагоненной нагрузки от первой ко второй фазе показал, что ее уровень возрастал в условиях 2022 г, за исключением варианта с обработкой Дивидендом Экстрим, КС, где численность конидий *B. sorokiniana* увеличилась лишь в 1,1 раза против 1,6 в 2021 г. Под растениями, выросшими из обработанных семян возросший инфекционный потенциал почвы (в 2,1 – Новохизоль + д.в. Дивиденда Экстрим, КС; 2,3 раза – Новохизоль, 1% + Cu<sup>+2</sup>) практически соответствовал росту в контроле – в 2,1 раза. Аналогичное увеличение в условиях 2021 г. составило 1,8 раза в опытных вариантах и 1,6 – контрольном. Двухфакторный дисперсионный анализ выявил более высокое влияние испытуемых препаратов (52,2%) и их взаимодействия с фактором «год» (44,4%). Ежегодно максимальная плотность спор ( $133,8 \pm 2,39$  и  $310,0 \pm 6,12$  шт./1 г почвы) обнаружена в варианте с обработкой семян Новохизолем + Cu<sup>+2</sup>, из которых 61,7 и 50,8% оказались проросшими. Примерно такой же процент (51,0 и

45,5) проросших конидий обнаружен в варианте с обработкой комплексом Новохизоля + д.в. Дивиденда Экстрим, КС, что выше чем в варианте с обработкой семян коммерческим препаратом в 1,6-1,9 и 2,7–3,0 раза соответственно в 2021 и 2022 гг. Данное сравнение позволяет предположить, что использование Новохизоля в протравителях будет создавать условия, улучшающие прорастание конидий *B. sorokiniana*. Относительно химического контроля в вариантах с Новохизолем ежегодно (табл. 2) отмечалась повышенная частота встречаемости растений с пораженными первичными корнями в фазе 4 х листьев (в 1,4 и 3,3 – 2021 г.; 1,9 раза – 2022 г.; *P* Дивиденд Экстрим, КС = 14 и 22,01%) и колеоптиле – 2-х листьев (в 3,75–4,25 и 3,63–4,83, соответственно; *P* Дивиденд Экстрим, КС = 4 и 9,92%). Однако, относительно чистого контроля (*R* = 13,8 и 16%), у защищенных растений заболеваемость первичных корней на этапе всходов оставалась более низкой: биологическая эффективность (БЭ) комплексов Новохизоля составила 68,9 и 23,6% (в составе с уменьшенным количеством д.в. Дивиденда Экстрим, КС) и 67,4 и 23,6% (с медью). Хотя фитосанитарный эффект (БЭ = 45,7 и 60,9%) коммерческого фунгицида по годам был более стабилен, полученные данные позволяют говорить о и положительной реакции взошедших растений на защиту опытными препаратами Новохизоля. Его комплекс с д.в. фунгицида (16,85±0,11 см) в среднем за 2021–2022 гг. усиливал рост растений на самых ранних этапах органогенеза на 7,5–5,2% (Дивиденд Экстрим, КС 15,59±0,11 см; контроль = 15,98±0,12 см; Новохизол + Cu<sup>+2</sup> = 15,91±0,12 см, *n* = 100), что агрономически важно в неустойчивых погодных условиях Сибири.

Таблица 2

**Пораженность яровой мягкой пшеницы обыкновенной  
корневой гнилью, защищенной композициями Новохизоля,  
фаза 2-х и 4-х листьев, %, 2021–2022 гг.**

Показатель		1 – без обработки семян, контроль		2 – Дивиденд Экстрим, КС		3 – Новохизол + Дифеноконазол, 6,88 г/л + Мефеноксам, 1,71 г/л;		4 – Новохизол, 1% + Cu <sup>+2</sup> , 7 мг/мл	
		2 листа	4 листа	2 листа	4 листа	2 листа	4 листа	2 листа	4 листа
<b>2021 г.</b>									
Первичные корни	<i>R</i>	13,80	11,00	7,50	3,50	4,30	5,25	4,50	11,50
	<i>P</i>	49,00	40,00	29,00	14,0	17,00	20,0	18,00	46,0
Вторичные корни	<i>R</i>	–	3,75	–	3,50	–	2,50	–	8,75
	<i>P</i>	–	15,00	–	14,00	–	9,00	–	34,00
Колеоптиле	<i>R</i>	5,75	–	1,00	–	3,80	–	4,30	–
	<i>P</i>	21,00	–	4,00	–	15,00	–	17,00	–

Показатель		1 – без обработки семян, контроль		2 – Дивиденд Экстрим, КС		3 – Новохизоль + Дифеноконазол, 6,88 г/л + Мефеноксам, 1,71 г/л;		4 – Новохизоль, 1% + Cu <sup>+2</sup> , 7 мг/мл	
		2 листа	4 листа	2 листа	4 листа	2 листа	4 листа	2 листа	4 листа
Эпикотиль	<i>R</i>	–	4,50	–	2,00	–	0,50	–	3,00
	<i>P</i>	–	16,00	–	8,00	–	2,00	–	12,00
Влагалище прикорневых листьев	<i>R</i>	0	11,50	0	11,75	0	11,75	0	17,25
	<i>P</i>	0	45,0	0	47,0	0	47,0	0	65,0
<b>2022 г.</b>									
Первичные корни	<i>R</i>	16,00	19,50	6,25	6,00	12,22	12,01	10,51	15,00
	<i>P</i>	57,07	59,96	22,82	22,01	47,86	41,03	39,03	41,98
Вторичные корни	<i>R</i>	–	3,02	–	2,76	–	1,75	–	1,74
	<i>P</i>	–	11,05	–	11,05	–	7,01	–	6,95
Колеоптиле	<i>R</i>	7,99	–	2,99	–	11,25	–	15,73	–
	<i>P</i>	42,16	–	9,92	–	35,98	–	47,95	–
Эпикотиль	<i>R</i>	–	13,48	–	3,02	–	5,76	–	8,49
	<i>P</i>	–	49,94	–	12,06	–	22,01	–	29,97
Влагалище прикорневых листьев	<i>R</i>	1,75	22,02	0,25	6,48	0,51	13,74	0,25	14,21
	<i>P</i>	7,01	67,03	1,96	25,90	1,01	50,98	0,98	47,86

Примечание: *R* – развитие болезни; *P* – распространенность болезни.

Пораженность надземной прикорневой зоны растения по годам и датам учета также различалась. Высокий оздоровительный результат от защиты препаратами получен на этапе всходов 2021 г., но он ослабевал к фазе 4-х листьев: распространенность в вариантах как с Дивидендом, так и комплексом его д.в. с Новохизолем (*P* = 47%), фиксировалась на уровне контроля (*P* = 45%), а в случае протравливания Новохизолем с медью (*P* = 65%) превысила его в 1,4 раза. Фунгицидный эффект Дивиденда Экстрим, КС проявился только в 2022 г.: распространенность растений с пораженной прикорневой зоной в обе фазы снижалась в 3,6 и 2,6 раза. Значительно уменьшенные (в 3,43 и 6,9 раза) показатели *R* и *P* в варианте Новохизоль + Дифеноконазол, 6,88 г/л + Мефеноксам, 1,71 г/л получены в фазе всходов, относящейся к уязвимому периоду развития пшеницы. Фитосанитарный эффект не ослабевал до фазы 4-х листьев: относительно чистого контроля (22,02 и 67,03%) *R* и *P* снижались в 1,6 и 1,3 раза, фунгицидного (6,48 и 25,90%) – в 2,1 и 2,0 раза. В этом сезоне лучший результат по защите прикорневой части растений показал и Новохизоль в комплексе с медью: сравнительно с контрольным фоном эффект от обработки проявляясь на высоком уровне (биологическая эффективность = 85,7% – *R*; 92,8% – *P*) в фазе 2-х листьев, оставался

довольно заметным (35,5 и 28,6%) и во вторую (4 листа) дату учета. Полученные результаты позволяют сделать вывод, что на самом раннем этапе развития – от всходов до кущения, когда поражаемость корневой системы и вредоносность обыкновенной корневой гнили наиболее высоки, – протравители на основе Новохизоля, способны контролировать фитосанитарную ситуацию в посевах яровой мягкой пшеницы и их можно рекомендовать для применения в экологизированных системах защиты.

### БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена в рамках Государственного задания (тема № 0533-2021-0005). Авторы благодарны В.В. Фоменко за предоставленные композиции Новохизоля.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Teplyakova O.I., Fomenko V.V., Salakhutdinov N.F., Vlasenko N.G. Novochizol™ seed treatment: effects on germination, growth and development in soft spring wheat. *Natural products Chemistry & Research*. 2022, 10 (5). 1–4.
2. Shcherban A.B.; Skolotneva E.S.; Fedyaeva A.V.; Boyko N.I.; Fomenko V.V. Effect of Biopesticide Novochizol on Development of Stem Rust *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* in Wheat, *T. aestivum* L. *Plants* 2024, 13, 34–55. <https://doi.org/10.3390/plants13233455>.
3. Тепляков Б.И., Теплякова О.И. Фитосанитарное состояние чернозёма выщелоченного и распространение обыкновенной корневой гнили на первых этапах онтогенеза яровой мягкой пшеницы. *Вестник НГАУ*, 2012, 1 (22) часть 2, 17–23.

### COMMON ROOT ROT IN SPRING WHEAT CROPS PROTECTED BY NOVOCHIZOL COMPOSITIONS

Teplyakova O.I., Fomenko V.V., Berdnikova T.V.

*Siberian Research Institute of Agriculture, Biologization and Digitalization  
SFNCA RAS, Krasnoobsk, NSO, Russia, rudol4757@mail.ru*

**Abstract:** In the Novosibirsk region, the main method of controlling common root rot pathogens – *Bipolaris sorokiniana* Shoem. and *Fusarium* spp., which cause damage at the first stages of organogenesis of spring soft wheat – is the treatment of seeds with fungicides before sowing. At the same time, it is known that the chemical method is not harmless, and therefore the search for environmentally friendly means of protection – preparations with a reduced amount of the active sub-

stance – is relevant. The Institute of Organic Chemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences proposed a formulation of Novochizol with a reduced (by 13.4 times) amount of active ingredients Dividend, Extreme, KS (Difenoconazole, 6.88 g/l + Mefenoxam, 1.71 g/l). Its field testing showed that under the sowing of treated seeds at the first stages of organogenesis in the root zone of spring wheat, the density of *B. sorokiniana* spores, the development of common root rot and, above all, primary roots decreased. Seed treatment with Novochizol with copper protected primary roots to a greater extent, and reduced the infectious potential of the soil to a lesser extent.

**Key words:** common root rot, spring soft wheat, Novochizol compositions.

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ АГРОТЕХНОЛОГИЙ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ АГРОЦЕНОЗОВ В СИБИРИ

Утенков Г.Л.

*Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий  
Российской академии наук. Новосибирск. Россия*

**Аннотация:** Отечественное зерновое производство (ЗП) является преобладающим в сельском хозяйстве и выполняет роль его донора. Однако дефицит финансовых средств и инвестиций не позволяет перейти на новый технологический уклад. Преобладающее использование экстенсивных технологий возделывания зерновых культур с использованием морально и физически устаревшей техники, являющейся лимитирующим фактором развития технологий возделывания зерновых культур, становится энергоемким, материалоемким и экологически несбалансированным. При экстенсивном земледелии все экологические функции существенно сокращаются; происходит истощение и деградация почв, особенно маргинальных. Негативное воздействие агротехнологий на природную среду прямо пропорционально количеству затрачиваемой энергии или производимой энергии, приходящейся на единицу площади земли. Так уровень техногенной деградации обрабатываемой почвы составляет половину (42–54%) общей интенсивности механического воздействия. Поэтому основной причиной деградации почв является не соответствие существующих технологий законам и экологическим принципам естественного формирования почвы. Возникшие экологические проблемы сделали актуальными фундаментальные и прикладные исследования природных и антропогенных факторов, участвующих при производстве зерновых культур. Это вызывает потребности для применения более точных аналитических методов при проведении исследований. Поэтому проблема превращения знаний в технологии, повышение результативности реализуемых мероприятий, является весьма актуальной. Цель исследований. Обоснование показателей и факторов, обеспечивающих проектирование экологически безопасных агротехнологий возделывания агроценозов в Сибири. Материалы и методы. Методы анализа, оптимизации, математического моделирования, экспериментальные методы. Результаты и обсуждение. Предложено аналитическое выражение удельного показателя эффективности применяемой механической энергии, позволяющее учитывать не только энергоемкость выполняемых технологических процессов, но и качество их выполнения. Повышение технологического КПД относит исследуемый процесс к ресурсосберегающим технологиям.

**Ключевые слова.** Агротехнологии, энергоемкость, экологичность, коэффициент полезного действия, обработка почвы.

## ВВЕДЕНИЕ.

Обеспечение продовольственной безопасности Российской Федерации путем уменьшения импортозависимости сельскохозяйственной продукции, повышения конкурентоспособности агропромышленного производства в современ-

ных условиях, является важнейшей задачей реализации государственной аграрной политики, и обуславливают необходимость перехода на инновационный путь развития [12]. Причем стержнем развития аграрной сферы экономики в обеспечении продовольственной безопасности является зерновое производство (ЗП), которое в Западной Сибири практически полностью исчерпало экстенсивные технологии. Их продуктивность на последние 20–25 лет составило 1,2 т/га в степной зоне, 1,5 т/га в южной лесостепи, что не соответствует потенциальным ресурсам агроландшафтов территории. Согласно [5], ресурсный потенциал Сибири позволяет увеличить объемы производства зерновых культур в два раза. Считают [1], что ЗП было, есть и останется самым престижным «денежным» видом деятельности, сохраняя роль донора в сельском хозяйстве. Однако из-за хронического дефицита и относительного объема инвестиций не удалось осуществить переход на более высокий технологический уклад, повысить конкурентоспособность производимой продукции. ЗП по – прежнему остается экстенсивным, энергоемким и экологически несбалансированным [10]. Применяемая в агротехнологиях техника физически и морально устарела и является лимитирующим фактором их развития [7]. А имеющаяся зарубежная техника требует скорейшего импортозамещения отечественной техникой, обладающей более высокими выходными показателями эффективности.

Согласно [8], экстенсивные агротехнологии ориентированы на использование естественного плодородия почв, возделывание толерантных сортов с крайне ограниченным использованием агрохимических средств. Они сопровождаются истощением и деградацией почв. При этом все экологические функции, связанные с фотосинтезом, существенно сокращаются. А возникшие экологические проблемы сделали актуальными фундаментальные исследования природных и антропогенных факторов, определяющих содержание и распределение широкого перечня химических элементов в почвах, их доступность растениям, способность переходить в гидро- и атмосферу. В целом современные механизированные процессы растениеводства характеризуются повышенной энергоемкостью. А создание машин нового поколения резко увеличивает их стоимость, что требует эффективного использования агрегатов. Поэтому проблема превращения знаний в технологии, повышение результативности реализуемых мероприятий, является весьма актуальной. Нужны новые методические подходы для комплексного исследования проблемы энерго-ресурсосбережения.

**ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЙ.** Обоснование показателей и факторов, обеспечивающих проектирование экологически безопасных агротехнологий возделывания агроценозов в Сибири.

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ.** Методы анализа, оптимизации, математического моделирования, экспериментальные методы.

**РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ.** Одним из семи больших вызовов, обозначенных в Стратегии научно – технологического развития России, является возрастание антропогенных нагрузок на окружающую среду до масштабов, угрожающих воспроизводству природных ресурсов, и связанных с их неэффективным использованием рост рисков для жизни и здоровья граждан. Основная причина деградации почв – не соответствие существующих технологий законам и экологическим принципам естественного формирования почвы [2]. Негативное воздействие агротехнологий на природную среду прямо пропорциональны количеству затрачиваемой энергии или производимой энергии, приходящейся на единицу площади земли. Поэтому выбор наилучших технологий, обеспечивающих получение заданного конечного результата, является возможным управлением режимами агроландшафта, при котором компромисс между продуктивностью посевов и устойчивостью агроэкосистемы получает свое окончательное разрешение. Для преодоления негативных тенденции необходим комплекс мероприятий. Предлагается уровень техногенной деградации обрабатываемой почвы отождествлять с вредной работой, трансформируемой агрегатом на уплотнение и разрушение структуры почвы и составляющей половину (42–54%) общей интенсивности механического воздействия [6]. Экологический парадокс аграрных технологий заключается в том, что рыхление почвы высвобождает избыточное количество элементов минерального питания, из которого монокультуры усваивают не более 20%, остальные питательные вещества обречены на вынос из экосистемы различными стоками.

Специфика земельных ресурсов Сибири проявляется в особенностях протекания в почвах элементарных процессов, а специфика экологического состояния – региональными особенностями почво – и природопользования. Поэтому любые технологии почво – и природопользования и экологическое оздоровление территории требуют адаптации к региональным особенностям. Для устранения возникших противоречий между экономической целесообразностью и экологической безопасностью необходимо пересмотреть сложившуюся в теории и практике техногенную концепцию развития АПК. Главным должно стать экологизация всех производственных процессов в сельском хозяйстве.

Известно, что оценкой эффективности применяемой энергии и машинно-тракторных агрегатов (МТА) служит коэффициент полезного действия (КПД =  $\eta_{\text{МТА}}$ ). Для проектирования эффективных МТА воспользуемся КПД [4]:

$$\eta_{\text{МТА}} = N_{\text{схм}}/N_{\text{е}}, \quad (1)$$

где  $N_{\text{схм}} = kBV_n$  – мощность, потребляемая сельхозмашиной, кВт;  $k$  – удельное сопротивление сельхозмашины, кН/м;  $B, V_n$  – соответственно ширина и скорость поступательного движения МТА (м, м/с);  $N_{\text{е}}$  – эффективная мощность двигателя трактора, кВт.

Из выражения (1) имеем:

$$N_{\text{е}} = kBV_n / \eta_{\text{тр}}\eta_{\text{техн}} \eta_{\text{АТТ}}, \quad (2)$$

где  $\eta_{\text{МТА}} = \eta_{\text{тр}}\eta_{\text{техн}} \eta_{\text{АТТ}}$  [11];

$\eta_{\text{техн}}$  – технологическое КПД;  $\eta_{\text{АТТ}}$  – КПД выполняемого качества технологического процесса;  $\eta_{\text{тр}} = N_{\text{кр}}/N_{\text{е}}$  – техническое КПД. (3)

Из (3) имеем:

$$N_{\text{е}} = N_{\text{кр}} / \eta_{\text{тр}}, \quad (4)$$

где  $N_{\text{кр}} = N_{\text{н}}\varepsilon_N$  – крюковая (полезная) мощность, кВт; (5)

$\varepsilon_N$  – коэффициент загрузки двигателя трактора;  $N_{\text{н}}$  – номинальная мощность двигателя трактора, кВт.

После преобразований с использованием выражений (1...5), получаем зависимость удельного показателя используемой мощности трактора, затрачиваемой на единицу обрабатываемой площади (производительности),  $E$ :

$$E = \varepsilon_N N_{\text{н}}/BV_n = k/\eta_{\text{техн}} \eta_{\text{АТТ}}. \quad (6)$$

Полученное выражение (6) отражает не только энергоемкость реализуемого технологического процесса ( $k$ ), но и его эффективность ( $\eta_{\text{техн}} \eta_{\text{АТТ}}$ ), оценивающую применяемую сельхозмашину в технологическом процессе. Каждому значению удельного сопротивления соответствует своя потребляемая мощность и свой технологический процесс. Наиболее эффективны комбинированные и многофункциональные агрегаты [3].

В работе [14] применяют удельный показатель энергоемкости для оценки эффективности применяемого трактора в технологическом процессе. Учитывая лишь удельное сопротивление ( $k$ ) агрегируемой сельхозмашины, авторы не учитывают технологический КПД, реализуемый данной сельхозмашиной. Согласно [9], повышение технологического КПД агрегата способствует агрегату с

меньшей установленной мощностью и массой обладать большей производительностью. В работе [15] приведены значения КПД применяемых пахотных агрегатов отечественного и зарубежного исполнения. Значение высокого КПД позволяет относить исследуемый технологический процесс к энергосберегающим технологиям [13], обеспечивающих снижение деградации почвы.

**ВЫВОДЫ.** Установлено, что современные механизированные процессы производства продукции растениеводства характеризуются повышенной энергоемкостью, приводящей к повышенным эксплуатационным затратам, а также к интенсивной деградации почвенного покрова.

Предложенная зависимость (6) для проектирования экологически безопасных агротехнологий возделывания агроценозов, учитывает требуемые выходные показатели эффективности МТА, что позволяет управлять затратами потребляемой энергии и качеством выполняемого технологического процесса.

Работа выполнена в рамках Государственного задания (тема № 0533-2024-0002).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алтухов А.И. Пространственное развитие зернового хозяйства России: монография. – М.: ООО «Сам полиграфист», 2022. – 880 с.
2. Байбеков Р.Ф. Природоподобные технологии основа стабильного развития земледелия // Земледелие. – 2018. – № 2. – С. 3–8.
3. Беспмятнова Н.М. Научно-методические основы адаптации почвообрабатывающих и посевных машин. – Ростов н/Д.: Терра, 2002. – 175 с.
4. Бойков В.М., Старцев В.С., Павлов А.В., Нестеров Е.С. Оценка загрузки сельскохозяйственных тракторов на пахотных работах // Аграрный научный журнал. – 2022. – № 5. – С.74–76.
5. Власенко А.Н., Власенко Н.Г. Возможности повышения эффективности зернового хозяйства России // Главный агроном. – 2020. – № 7. – С. 6–8.
6. Гуреев И.И. Экологическая эффективность комплекса почвообрабатывающих машин для механизации перспективных агротехнологий // Вестник Курской ГСХА. – 2015. – № 4. – С. 71–73.
7. Кирюшин В.И. Технологическая модернизация земледелия России: предпосылки и условия. – Земледелие 2015. – № 6. – С. 6–10.
8. Кирюшин В.И. Управление плодородием почв и продуктивностью агроценозов в адаптивно – ландшафтных системах земледелия // Почвоведение. – 2019. – № 9. – С. 1130–1139.
9. Липкович Э.И. Технологическое энергопотребление и агроэкомеканика // Вестник РАСХН. – 1999. – № 5. – С. 9–11.

10. Научные основы производства высококачественного зерна пшеницы (Под общей научной редакцией академиков РАН В.Ф. Федоренко, А.А. Завалина, Н.З. Милащенко): науч. издание. – М.: «Росинформагротех». – 2018. – 396 с.

11. Подскребко М.Д. Определение коэффициента полезного действия пахотных агрегатов при различных способах передачи мощности от двигателя трактора к рабочей машине // Вестник национальной академии наук Беларуси. Серия аграрных наук. – 2007. – № 1. – С. 96–105.

12. Прогнозно – аналитическое сопровождение инновационного развития в сфере сельского хозяйства.: сб. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. – 504 с. Под общей редакцией д-ра техн. наук, проф., академика РАН В.Ф. Федоренко.

13. Полухин А.А. Сущность организационно – экономического механизма энергосбережения в сельском хозяйстве // Вестник сельского развития и социальной политики. – 2019. – № 1 (21). – С. 7–10.

14. Самсонов В.А., Лачуга Ю.Ф. Расчет оптимальных значений мощности и энергонасыщенности сельскохозяйственных тракторов//Тракторы и сельхозмашины. – 2017. – № 7. – С. 25–31.

15. Утенков Г.Л., Котеев С.В., Власенко А.Н. Управление затратным механизмом инновационных процессов обработки почвы для адаптивно – ландшафтного земледелия Сибири // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2023. – № 6. Т. 3. – С. 145–163; <https://doi.org/10.36871/ek.up.p.r.2023.06.03.017>.

## DESIGNING ECOLOGY-SAFE AGROTECHNOLOGIES AGROCENOSIS CULTIVATION IN SIBERIA

Utenkov G.L.

*Siberian Federal Scientific Center of Agrobiotechnology  
of the Russian Academy of Sciences. Novosibirsk. Russia*

**Annotation:** Domestic grain production is predominant in agriculture and serves as its donor. However, the lack of financial resources and investments does not allow us to switch to a new technological order. The prevailing use of extensive technologies for cultivating grain crops using morally and physically outdated equipment, which is a limiting factor in the development of technologies for cultivating grain crops, is becoming energy-intensive, material-intensive and ecologically unbalanced. In extensive farming, all ecological functions are significantly reduced, and soil depletion and degradation occur, especially in marginal areas. The negative impact of agricultural technologies on the natural environment is directly proportional to the amount of energy used or produced per unit area of land. Thus, the level of anthropogenic degradation of cultivated soil accounts for half (42–54%) of the total intensity of mechanical impact. Therefore, the problem of turning knowledge into technology, increasing the effectiveness of implemented activities, is very relevant. The purpose of the research.

Substantiation of indicators and factors ensuring the design of environmentally friendly agrotechnologies for the cultivation of agrocenoses in Siberia. Materials and methods. Methods of analysis, optimization, mathematical modeling, and experimental methods. Results and discussion. An analytical expression of the specific indicator of the efficiency of the applied mechanical energy is proposed, which allows taking into account not only the energy intensity of the performed technological processes, but also the quality of their performance. The increase in the technological efficiency classifies the studied process as a resource-saving technology.

**Keywords.** Agrotechnologies, energy intensity, environmental friendliness, coefficient of useful action, soil cultivation.

# ПОВЫШЕНИЕ УРОЖАЙНОСТИ ПШЕНИЦЫ ОЗИМОЙ ЗА СЧЕТ ОБРАБОТКИ ПОСЕВОВ НОВЫМ БИОСТИМУЛЯТОРОМ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

Федотова А.К., Картабаева Б.Б., Михалева С.Н.

*Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии,  
Большие Вяземы, Россия, fedotova.vniif@mail.ru*

**Аннотация:** Представлены результаты оценки эффективности применения нового биостимулятора из растительного сырья (БС) в концентрациях  $10^{-5}$  и  $10^{-6}$  мл/л (150 мл/га) на урожайность мягкой пшеницы озимой сорта Московская 40. Полевые опыты проведены в 2024–2025 гг. в условиях Московской области, технологии – принятые в хозяйстве с использованием комплексной защиты растений от вредных организмов. В качестве варианта сравнения выбран торговый препарат с росторегулирующими свойствами Эпин-Экстра, Р (50 мл/га), также в схеме опыта предусмотрен контроль – без применения стимуляторов. Прибавка урожая от применения препаратов в 2024 г. составила 2,4 и 14,8% для нового БС ( $10^{-5}$  и  $10^{-6}$  мл/л) и 5,5% – Эпин-Экстра, Р; в 2025 г. – 12,7%, 25,2% и 10% соответственно. Прибыль от применения БС в концентрации  $10^{-6}$  мл/л составил в 2024 г. 7498 руб./га, в 2025 г. – 14058 руб./га при закупочной цене 15620 руб./т.

**Ключевые слова:** пшеница озимая, новый биостимулятор, урожайность, прибыль.

## ВВЕДЕНИЕ

Пшеница является одной из наиболее распространенных и востребованных продовольственных культур в мире. Ценность зерна пшеницы определяются содержанием белка, клейковины, жира, углеводов, минеральных веществ. В последние годы посевные площади под озимой пшеницей в РФ составили свыше 15 млн га (Ab-centre.ru, 2023). Производству зерна пшеницы озимой в России уделяется особое внимание, что обусловлено не только погодными условиями, хозяйственной целесообразностью, но и отработанными региональными технологиями возделывания. Одним из критических звеньев получения высококачественной продукции при выращивании пшеницы озимой является эффективность защитных мероприятий, способствующих реализации потенциала сорта. В этой связи, кроме традиционных средств защиты от вредителей, болезней и сорной растительности, в схему мероприятий включают росторегуляторы с полифункциональными свойствами. Такой подход способствует получению дополнительной экономической выгоды и экологизации технологических приемов. Регуляторы роста усиливают адаптивные возможности растений (Амосова Н.В. и др., 2024), влияют на физиолого-биохимические процессы. К комплексу морфологических параметров, коррелирующих с показателями урожайности, относят

высоту растений, длину колоса, количество колосков и зёрен в колосе, выполненность зерна (Демина И.Ф., 2023).

Целью исследований явилось изучение влияния нового биостимулятора из растительного сырья, применяемого для обработки посевов в период вегетации, на урожайность и качество зерна пшеницы озимой сорта Московская 40.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в 2024 и 2025 гг. в полевых мелкоделяночных опытах в условиях Московской области на полях АО Племхоз «Наро-Осановский» на мягкой пшенице озимой (*Triticum aestivum* L.) сорта Московская 40. Сорт среднеспелый, включен в Госреестр по Центральному (3) региону. Растение низкорослое, обладает устойчивостью к полеганию. В 2024 г. площадь делянки составляла 2 м<sup>2</sup>, в 2025 г – 5 м<sup>2</sup>, повторность опытов 4-кратная. Почва участков дерново-подзолистая, слабокислая (рН<sub>KCl</sub> 6,88), содержание органического вещества 6,10%. Предшественник – зерновые яровые культуры. Система защиты пшеницы озимой от вредных организмов в 2024 и 2025 гг. включала обработку семян за сутки до посева системным протравителем Оплот Трио, ВСК. В фазу кущения (ВВСН 21-25) посевы обрабатывали гербицидами против однолетних и многолетних двудольных сорняков (Балерина, СЭ + Бомба, ВДГ), а в фазу флаг-листа – начало колошения (ВВСН 52-55) – против комплекса листовых болезней системным фунгицидом Колосаль Про, КМЭ. Посев – 22 и 24 августа в 2023 и 2024 г., уборка урожая 15 и 23 июля в 2024 г. и 2025 г. соответственно.

Росторегуляторы применяли для опрыскивания растений пшеницы в фазу кущения (ВВСН 21-25). Новый биостимулятор (БС) получен в ФГБНУ ВНИИФ по разработанной технологии жидкофазного каталитического окисления отходов производства картофеля. Биостимулятор содержит белок, комплекс аминокислот, макро- и микроэлементы. Помимо этого, в его состав входят биологически активные вещества – индолилуксусная и абсцизовая кислоты, и др. компоненты (Михалева С.Н. и др., 2024). Биостимулятор применяли в концентрациях  $1 \cdot 10^{-5}$  и  $1 \cdot 10^{-6}$  мл/л из расчета 150 мл/га (варианты БС  $10^{-5}$  и БС  $10^{-6}$ ). В качестве варианта сравнения (стандарт) использовали препарат с росторегулирующими, адаптогенными и антистрессовыми свойствами Эпин-Экстра, Р (вариант Эпин-Экстра, 50 мл/га) Норма расхода рабочего раствора – 400 л/га. Контроль (К) – без обработки посевов росторегуляторами.

Показатели структуры урожая (высота растений, длина колоса, количество колосков в колосе, масса 1000 зерен, натура зерна, урожайность) учитывали на апробационных снопах с каждой делянки опыта в фазу полной спелости (ВВСН

по Задоксу 95–99). Показатели качества зерна пшеницы озимой сорта Московская 40 (урожай 2024 г.) определяли в Федеральной службе по ветеринарному и фитосанитарному надзору по Оренбургской области (Россельхознадзор) ФГБУ «Федеральном центре оценки безопасности и качества продукции агропромышленного комплекса» Оренбургского филиала ФГБУ «ЦОК АПК» в соответствии с ГОСТ Р 54478-2011-Зерно.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Московская область относится к I почвенно-климатической зоне (подзолистых и дерново-подзолистых почв таежно-лесной области), Центральный регион возделывания сельскохозяйственных культур; гидротермический коэффициент увлажнения Селянинова (ГТК) >1,33. По данным метеостанции, расположенной на территории ФГБНУ ВНИИФ, величина ГТК в вегетационные периоды 2023–2025 гг. – выше 1,5, что соответствует зоне избыточного увлажнения.

Таблица 1

**Показатели структуры урожая пшеницы озимой  
сорта Московская 40 в фазу полной спелости (ВВСН 93-95)  
АО Племхоз «Наро-Осановский» – ФГБНУ ВНИИФ, Большие Вяземы**

Вариант	Высота растений, см	Длина колоса, см	Количество колосков в колосе, шт.	Масса 1000 зерен, г	Натура зерна, г/л	Урожайность зерна, т/га
2024 г.						
БС 10 <sup>-5</sup>	70,3	6,2	12,6	46,9	–	3,28
БС 10 <sup>-6</sup>	70,2	6,5	13,1	52,6	–	3,68
Эпин-Экстра	71,4	5,8	11,3	48,3	–	3,38
Контроль	65,2	5,5	12,2	45,8	–	3,20
<i>НСР</i>	<i>10,4</i>	<i>0,9</i>	<i>1,8</i>	<i>7,2</i>	–	
2025 г.						
<i>БС 10<sup>-5</sup></i>	76,6	7,9	15,9	46,6	900,0	4,17
<i>БС 10<sup>-6</sup></i>	75,8	8,2*	16,5*	45,2	923,0*	4,64*
<i>Эпин-Экстра</i>	76,0	8,0	16,5*	43,2	848,0	4,07
<i>Контроль</i>	74,6	7,1	15,2	43,3	829,0	3,70
<i>НСР</i>	<i>1,7</i>	<i>1,0</i>	<i>1,2</i>	<i>3,7</i>	<i>97,8</i>	<i>0,86</i>

\* – различия значимы при  $p < 0,05$ .

Показатели развития растений пшеницы озимой в 2024 и 2025 гг. были достаточно близкими, но более высокими в 2025 г. (табл. 1). Особенно это было заметно для показателя длины колоса, который даже в контроле был на 29% больше в 2025 г. по сравнению с 2024 г., количеству колосков в колосе (на 24,5%)

(рис. 1). Вместе с тем, масса 1000 зерен в 2024 г. в контроле была выше, чем в 2025 г. на 5,5%, а урожайность, напротив, ниже на 15,6% (рис. 1). Обращает на себя внимание лучшая по сравнению с контролем выполненность зерна в опытах 2025 г. – натура зерна при использовании БС увеличивалась на 8,6 и 11,3% соответственно для двух концентраций и на 10,2% – в Эпин-Экстра.

Массовая доля сырой клейковины в зерне пшеницы озимой урожая 2024 г. варьировала в пределах 22-23%. ИДК – индекс деформации клейковины, характеризующий ее качество, составил в БС  $10^{-5}$  и БС  $10^{-6}$  74 и 73 ед., в Эпин-Экстра – 75 ед., в контроле – 72 ед. без достоверных различий с контролем.

Урожай зерна при использовании нового биостимулятора в концентрациях  $10^{-5}$  и  $10^{-6}$  мл/л в 2024 г. увеличился соответственно на 2,5 и 14,9%, Эпин-Экстра, Р – на 5,6%, что в пересчете на урожайность с 1 га составит 0,08, 0,48 и 0,18 т/га, дополнительно на фоне полной технологии защиты растений (урожайность в контроле – 3,20 т/га).

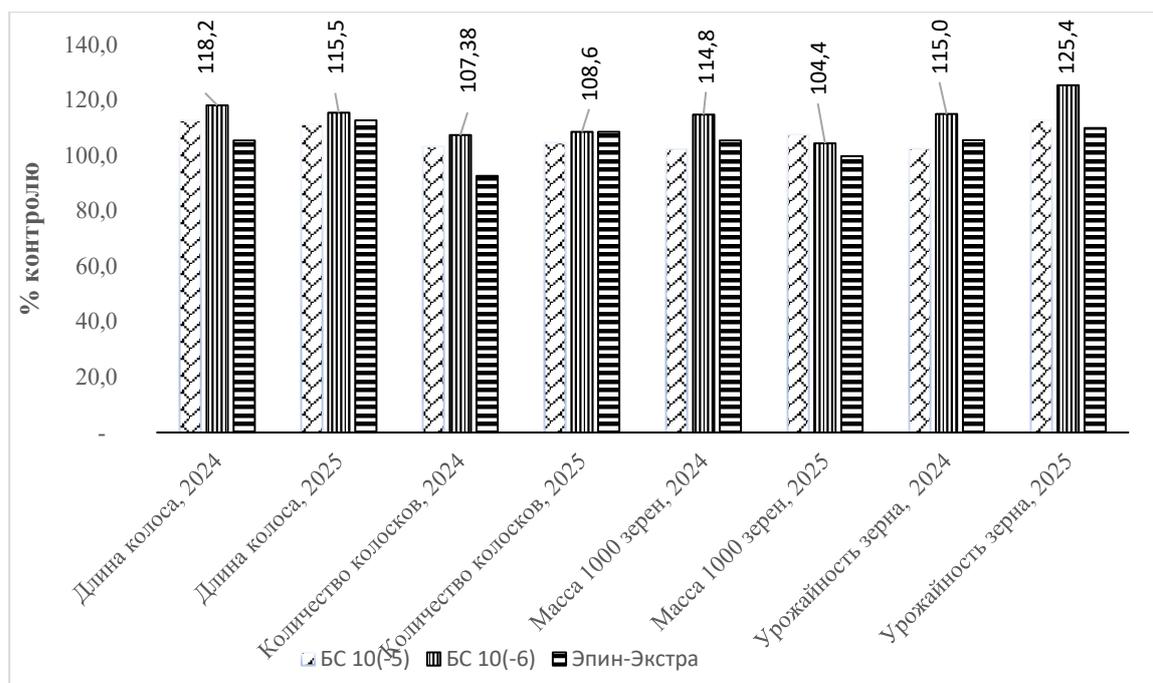


Рис. 1. Показатели структуры урожая пшеницы озимой сорта Московская 40 в фазу полной спелости (ВВСН 93-95) (% к контролю)

Прибавка урожая зерна в 2025 г. при использовании БС в концентрациях  $10^{-5}$  и  $10^{-6}$  мл/л составила 0,5 и 0,8 т/га при урожайности в контроле – 3,7 т/га (выше на 12,7 и 25,4% по сравнению с контролем), Эпина-Экстра, Р – на 0,4 т/га (увеличение по сравнению с контролем на 10,0%).

Прибыль от применения стимуляторов роста растений в технологии производства пшеницы озимой в условиях Московской области в закупочных ценах 2024 г. составила 1249 руб./га и 7498 руб./га для БС в концентрациях  $10^{-5}$  и

$10^{-6}$  мл/л и 2812 руб./га для Эпин-Экстра, Р. В 2025 г. (в закупочных ценах 2024 г.) прибыль составила 7810 руб./га и 14058 руб./га для БС в концентрациях  $10^{-5}$  и  $10^{-6}$  мл/л и 6248 руб./га для Эпин-Экстра, Р.

Таким образом, результаты полевых мелкоделяночных опытов 2024–2025 гг. свидетельствуют о значительном влиянии нового биостимулятора из растительного сырья, применяемого для опрыскивания посевов в фазу кущения пшеницы озимой, на рост, развитие растений и продуктивные качества в условиях Московской области. Наибольшая прибавка урожая зерна пшеницы озимой отмечена при использовании БС в концентрации  $10^{-6}$  (на 14,9% и 25,4% в 2024 г. и 2025 г. соответственно). Увеличение урожайности сопровождалось улучшением качественных характеристик зерна. Эффективность применения нового биостимулятора была сопоставима или выше эффективности известного препарата Эпин-Экстра, Р. Полученные данные дают основание для разработки регламентов применения нового биостимулятора в сельскохозяйственной практике.

#### БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена в рамках поисковой бюджетной темы ФГБНУ ВНИИФ № FGGU-2023-0002. Авторы благодарят администрацию АО Племхоз «Наро-Осановский» за предоставленную возможность проведения полевых работ.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Амосова Н.В., Севостьянов М.А., Бабина К.В., Азарова А.Б., Демин Д.В., Ульяненко Л.Н., Михалева С.Н., Будынков Н.И., Андреевская В.Н., Картабаева Б.Б. Влияние Биостимулятора из растительного сырья на морфофизиологические, цитогенетические и биохимические показатели проростков ячменя // Достижения науки и техники АПК. 2024. № 2. Т. 38. С. 4–9. DOI: 10.53859/02352451\_2024\_38\_2\_0.

2. Демина И.Ф. Зависимость продуктивности генотипов яровой пшеницы от их морфологических особенностей в условиях лесостепи Среднего Поволжья. // Технические культуры. 2023. Т. 3. № 3. С. 3–9. DOI 10.54016/SVITOK.2023.28.52.001.

3. Михалева С.Н., Будынков Н.И., Ульяненко Л.Н., Демин Д.В., Картабаева Б.Б., Федотова В.А., Севостьянов М.А. Влияние соединений с биологической активностью на рост и развитие растений ячменя. Достижения науки и техники АПК, 2024, 38 (10), 97–103.

4. Ab-centre.ru – Экспертно-аналитический центр агробизнеса. <https://ab-centre.ru/news/itogi-za-2023-god-posevnye-ploschadi-zernovyh-i-zernobobovyh-kultur-v-rossii>. Дата обращения: 11.08.2025.

# INCREASING THE WINTER WHEAT YIELD BY TREATMENT OF CROPS WITH A NEW BIOSTIMULATOR FROM PLANT RAW MATERIALS

Fedotova A.K., Kartabaeva B.B., Mikhaleva S.N.

*All-Russian Research Institute of Phytopathology,  
Bol'shiye Vyazemy, Russia, fedotova.vniif@mail.ru*

**Abstract:** The article presents the results of evaluating the effectiveness of using a new biostimulant from plant raw materials (BS) in concentrations of  $10^{-5}$  and  $10^{-6}$  ml/l (150 ml/ha) on the yield of winter soft wheat of the Moskovskaya 40 variety. The field experiments were conducted in 2024–2025 in the conditions of the Moscow region, the technologies are those adopted on the farm using complex plant protection from harmful organisms. To compare the efficiency, the growth regulator Epin-Extra, P (50 ml/ha) and the control – without the use of stimulants were included in the experimental design. The yield increase from the use of preparations in 2024 was 2.4 and 14.8% for the new BS ( $10^{-5}$  and  $10^{-6}$  ml/l) and 5.5% – Epin-Extra, S; in 2025 – 12.7%, 25.2% and 10%, respectively. The profit of BS at a concentration of  $10^{-6}$  ml/l using in 2024 was 7498 rubles/ha, in 2025 – 14058 rubles/ha with a purchase price of 15620 rubles/t.

**Keywords:** winter wheat, new biostimulant, yield, profit.

# ВЛИЯНИЕ НОВОГО БИОСТИМУЛЯТОРА РОСТА НА ПОКАЗАТЕЛИ ПОСЕВНЫХ СВОЙСТВ СЕМЯН ЛЮПИНА БЕЛОГО

Федотова В.А., Картабаева Б.Б., Трефилов П.П., Федотова А.К.,  
Низовцева О.Ф., Демин Д.В.

*Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии,  
Большие Вяземы, Россия, vikastrelcova94@mail.ru*

**Аннотация:** Исследования воздействия биостимулятора проводились на семенах и растениях люпина белого (*Lupinus albus L.*) сорта Мичуринский.

Важным показателем сельскохозяйственных культур являются посевные качества семян, которые определяются их энергией прорастания и всхожестью. Для установления оптимальной концентрации БС, положительно влияющей на всхожесть и энергию прорастания семян люпина, были проведены вегетационные и лабораторные опыты. Лабораторные опыты по установлению оптимальной концентрации препарата БС проводили в факторостатных условиях климатической камеры. Отбирали по 20 штук семян белого люпина и помещали их в чашки Петри на фильтровальную бумагу с 3-х кратной повторностью по каждому варианту концентрации БС. Затем приливали по 2,5 мл свежеприготовленного раствора препарата БС с концентрацией препарата (мг/мл):  $10^{-4}$ ,  $10^{-5}$ ,  $10^{-6}$ . Контролем служили семена увлажнение, которых проводили дистиллированной водой (72 часа при температуре 26 °С).

Вегетационные опыты по изучению действия регулятора роста БС на формирование габитуса растений и элементов продуктивности проводились в пластиковых вегетационных сосудах (теплица на базе ВНИИФ).

**Ключевые слова:** семена, люпин белый новый биостимулятор, рост и развитие растений.

## ВВЕДЕНИЕ

Для повышения посевных качеств семян сельскохозяйственных культур разных видов в современном растениеводстве наряду с фунгицидным и инсектицидным протравливанием, обработкой микроэлементами и микробными препаратами, применяют обработку биологически активными препаратами. Этот прием не только способствует увеличению урожайности, но также влияет на качество полученной продукции, повышение технологических показателей (сахаристости, содержания крахмала, белка, витаминов, эфирных масел и т. п.) [1].

Использование предпосевной обработки семян является одним из самых доступных, дешевых, высокоэффективных и перспективных приемов повышения урожайности растений [2]. В результате предпосевной обработки активируются метаболиты, необходимые для прорастания семян, стимулируя поглощение воды. Накопление активных форм кислорода (АФК) и репарация ДНК являются

двумя ключевыми процессами, активирующими метаболизм, предшествующий прорастанию [3].

Предпосевная обработка семян также влияет на развитии корневой системы. Зародышевые корни быстрее входят в контакт с фронтом почвенной влаги и по мере роста растений не отрываются от него. У необработанных препаратами с биологической активностью семян прорастание может задерживаться и протекать менее дружно. В период, когда медленно растущие корни могут оторваться от фронта влаги и потерять возможность нормально обеспечивать растения водой эффективность стимулирующих обработок наиболее высокая [4, 5].

Целью исследования являлось определение эффективности комплексного применения (предпосевная обработка семян и опрыскивание растений в период вегетации) нового биостимулятора для повышения урожайности люпина белого при его выращивании в условиях вегетационного опыта.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Биостимулятор (БС) получен по разработанной во ВНИИ фитопатологии технологии реакторного жидкофазного каталитического окисления крахмалосодержащего растительного сырья (отходы производства картофеля). В состав БС входят: белок, свободные аминокислоты, оксикарбоновые кислоты, моно- и дисахариды, макро- и микроэлементы (магний, цинк, марганец и др.), индолилуксусная и абсцизовая кислоты (ИУК, АБК), хлорогеновая (сложный эфир кофейной кислоты) и криптохлорогеновая (фенольная кислота, обладающая антиоксидантной и противовоспалительной активностью) кислоты [1].

Исследования воздействия биостимулятора проводились на семенах и растениях люпина белого (*Lupinus albus L.*) сорта Мичуринский.

Важным показателем сельскохозяйственных культур являются посевные качества семян, которые определяются их энергией прорастания и всхожестью. Для установления оптимальной концентрации БС, положительно влияющей на всхожесть и энергию прорастания семян люпина, были проведены вегетационные и лабораторные опыты.

1. Лабораторные опыты по установлению оптимальной концентрации препарата БС проводили в факторостатных условиях климатической камеры. Отбирали по 20 штук семян белого люпина и помещали их в чашки Петри на фильтровальную бумагу с 3-х кратной повторностью по каждому варианту концентрации БС. Затем приливали по 2,5 мл свежеприготовленного раствора препарата БС с концентрацией препарата (мг/мл):  $10^{-4}$ ,  $10^{-5}$ ,  $10^{-6}$ . Контролем служили семена увлажнение, которых проводили дистиллированной водой (72 часа при температуре 26 °C).

Энергию прорастания и всхожесть определяли в установленные для данной культуры сроки (4-й и 7-й день) по ГОСТ 12038. Измерение длины и массы корневых систем и проростков проводились на 10-е и 15-е сутки постановки опыта. Измерение длины надземных органов проростков и их корневых систем проводились на 3, 5, 10-е сутки постановки опыта. Эффект от применения БС устанавливали соотношением исследуемых показателей опытных проростков к соответствующим показателям контрольных, выращенных на дистиллированной воде и принятых за 100%. При определении всхожести 95% и выше отклонения результатов анализа отдельных проб от среднеарифметического значения не должны превышать  $\pm 4\%$ ; при всхожести 94,9–90% не выше  $\pm 5\%$  (ГОСТ 12038-84 табл. № 2).

Вегетационные опыты по изучению действия регулятора роста БС на формирование габитуса растений и элементов продуктивности проводились в пластиковых вегетационных сосудах (теплица на базе ВНИИФ).

Перед посевом семена белого люпина замачивали на 4 часа в растворах регулятора, заданных концентраций. Контролем служили семена, замоченные в дистиллированной воде. Вторая обработка исследуемым препаратом проводилась в виде опрыскивания вегетирующих растений в фазу бутонизации – начала цветения установленными в лабораторных условиях концентрациями ( $10^{-4}$  мг/мл;  $10^{-5}$  мг/мл;  $10^{-6}$  мг/мл).

Повторность вариантов опыта – трёхкратная. Энергию прорастания семян определяли на 4-е сутки, всхожесть растений определяли на 7-е сутки, соответственно (ГОСТ 12038-84). Эффект от применения регулятора роста устанавливали соотношением исследуемых показателей опытных проростков к соответствующим показателям контроля и принятых за 100%. За результат анализа принимали среднеарифметическое результатов определения всхожести всех проанализированных проб. При определении всхожести 95% и выше отклонения результатов анализа отдельных проб от среднеарифметического значения не должны превышать  $\pm 4\%$ ; при всхожести 94,9–90% не выше  $\pm 5\%$  и т. д. (ГОСТ 12038-84 табл. № 2).

Все данные подвергались математической обработке с помощью компьютерной программы, разработанной в Институте физиологии растений TI-TEST и Excel.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На основании полученных нами данных установили, что обработка БС влияния на увеличение энергии прорастания не оказала, так как была на уровне и ниже контроля.

Таблица 1

**Влияние БС на энергию прорастания и всхожесть семян люпина  
в условиях лабораторного опыта**

Вариант обработки	Энергия прорастания, %	Увеличение, относительно контроля, %	Всхожесть, %	Увеличение, относительно контроля, %
Контроль (без обработки)	80±1.2	–	90±1.4	–
БС 10 <sup>-4</sup> мг/мл	50±1.5	–	90±1.3	–
БС 10 <sup>-5</sup> мг/мл	50±4.4	–	95±1.2	6
БС 10 <sup>-6</sup> мг/мл	65±1.8	–	90±1.2	–

В ходе лабораторных исследований проводились измерения длины проростков и корневых систем на 3-е, 5-е и 10-е сутки постановки опыта. Отмечено стимулирующее влияние на длину корневой системы под воздействием БС всех исследуемых концентраций. Однако наибольший эффект был достигнут при обработке БС (10<sup>-6</sup> мг/мл), на 3-е и 5-е сутки постановки опыта. Увеличение составило 38 и 42%, соответственно (табл. 2). Таким образом, можно судить о том, что применение биорегуляторов способствует интенсификации биохимических процессов, которые способствуют лучшему развитию корневой системы, что особенно важно на начальных этапах роста и развития.

Таблица 2

**Влияние обработки препаратом БС на длину корневой системы  
белого люпина в условиях лабораторного опыта**

Вариант обработки	3-е сутки наблюдений		5-е сутки наблюдений		10-е сутки наблюдений	
	Длина корневой системы, см	Увеличение относительно контроля, %	Длина корневой системы, см	Увеличение относительно контроля, %	Длина корневой системы, см	Увеличение относительно контроля, %
Контроль (без обработки)	2.9 ±0.2	–	3.3±0.2	–	6.5 ±0.4	–
БС 10 <sup>-4</sup> мг/мл	3.1 ±0.2	7	3.9±0.3	18	7.3±0.3	<b>12</b>
БС 10 <sup>-5</sup> мг/мл	3.3±0.2	14	4.0 ±0.2	21	7.5 ±0.3	5
БС 10 <sup>-6</sup> мг/мл	3.8 ±0.1	<b>38</b>	4.7±0.1	<b>42</b>	6.7±0.2	–

**Влияние обработки препаратом БС на высоту проростков  
белого люпина в условиях лабораторного опыта**

Вариант обработки	5-е сутки наблюдений		10-е сутки наблюдений	
	Высота проростка, см	Увеличение относительно контроля, %	Высота проростка, см	Увеличение относительно контроля, %
<b>Контроль (без обработки)</b>	2.1±0.1	–	3.9 ±0.1	–
<b>БС 10<sup>-4</sup> мг/мл</b>	2.7±0.1	29	4.3±0.2	10
<b>БС 10<sup>-5</sup> мг/мл</b>	2.4 ±0.2	14	4.0 ±0.3	3
<b>БС 10<sup>-6</sup> мг/мл</b>	3.3	<b>57</b>	4.8	<b>23</b>

Обработка семян регулятором БС всех исследуемых концентраций повлияла на увеличение длины проростков. Наибольший эффект был получен от обработки семян БС в концентрации 10<sup>-6</sup> мг/мл на 5-е сутки постановки опыта увеличение составило на 57%. Возможно, это связано с воздействием исследуемого препарата на накопление естественных гормонов роста в меристемах. В апикальной меристеме побега образуется ауксин, в апексе корня – цитокинины. Именно эти гормоны определяют приток питательных веществ к месту своего образования, а, следовательно, и интенсивному росту побега и корневых систем.

#### БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена в рамках поисковой бюджетной темы ФГБНУ ВНИИФ № FGGU-2023-0002. Авторы благодарят сотрудников лаборатории сельскохозяйственной экологии микроорганизмов ФГБНУ ВНИИФ за участие в планировании работ.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Majid Esmaeeli, Arash Roozbahani, Jahanfar Daneshian, Combined effects chitosan and genotype on agronomic, physiologic, and biochemical characteristics of soybean under drought stress conditions, South African Journal of Botany, Volume 174, 2024, Pages 678-685, <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2024.09.036>.
2. Zaim, Nur Syuhadatul Husna Binti Husny, et al. «Recent advances in seed coating treatment using nanoparticles and nanofibers for enhanced seed germination and protection». Journal of Plant Growth Regulation 42. 12 (2023): 7374–7402.
3. Волхонов М.С., Мамаева И.А., Беляков М.М. / Классификация и определение эффективности известных способов предпосевной обработки семян // Вестник НГИЭИ. – 2022. – № 8 (135). – С. 7–19. – DOI 10.24412/2227-9407-2022-8-7-19.
4. Федотов Г.Н., Федотова М.Ф., Шалаев В.С., Батырев Ю.П. / К вопросу о стимуляции прорастания семян с неглубоким покоем // Вестник Московского

государственного университета леса – Лесной вестник. – 2016. – Т. 20, № 1. – С. 147–157.

5. Vives-Peris, V., de Ollas, C., Gómez-Cadenas, A. et al. Root exudates: from plant to rhizosphere and beyond. *Plant Cell Rep* 39, 3–17 (2020). <https://doi.org/10.1007/s00299-019-02447-5>.

## EFFECT OF A NEW GROWTH STIMULANT ON THE SOWING PROPERTIES OF WHITE LUPINE SEEDS

Fedotova V.A., Kartabaeva B.B., Trefil'ev P.P., Fedotova A.K.,  
Nizovtseva O.F., Demin D.V.

*All-Russian Research Institute of Phytopathology,  
Bol'shie Vyazemy, Russia, vikastrelcova94@mail.ru*

**Abstract:** The effects of a biostimulant were studied on white lupine (*Lupinus albus* L.) seeds and plants of the Michurinsky variety.

The sowing quality of seeds, determined by their germination energy and viability, is an important indicator of agricultural crops. To determine the optimal BS concentration for positively affecting lupine seed germination and vigor, pot and laboratory experiments were conducted. Laboratory experiments to determine the optimal BS concentration were conducted under factorostatic conditions in a climate chamber. Twenty white lupine seeds were collected and placed in Petri dishes on filter paper, with triplicate samples for each BS concentration. 2.5 ml of a freshly prepared BS solution with the following concentrations (mg/ml):  $10^{-4}$ ,  $10^{-5}$ , and  $10^{-6}$  were then added. Seeds moistened with distilled water for 72 hours at 260 °C served as a control.

Pot experiments to study the effect of the BS growth regulator on plant habit and productivity were conducted in plastic pots (greenhouse at the All-Russian Research Institute of Phytosanitary.

**Key words:** seeds, white lupine, a new biostimulant, plant growth and development.

# ВАРИАНТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОНТМОРИЛЛОНИТОВЫХ ГЛИН ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ УРОЖАЙНОСТИ КУКУРУЗЫ

Халиков М.С.<sup>1</sup>, Абубикеров В.А.<sup>2</sup>, Мальгин И.В.<sup>2</sup>, Чкаников Н.Д.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова РАН,  
119991 Москва, ул. Вавилова, 28, Россия; marat1988@ineos.ac.ru*

<sup>2</sup>*Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии  
143050, Московская обл., р.п. Большие Вяземы, ул. Институт, влад. 5, Россия*

**Аннотация:** В мелкоделяночных полевых опытах изучено влияние на урожай зеленой массы и початков кукурузы предпосевной обработки семян бентонитовой (монтмориллонитовой) глиной НеобентК1 (Таганское месторождение, республика Казахстан), и ее кислотно-активированной формой. Кроме того, изучено влияние таких глин на развитие вегетирующих растений кукурузы при их внесении в почву. В мелкоделяночных полевых опытах показано, что предпосевная обработка семян кукурузы экспериментальными образцами бентонитовых глин приводит к значительному увеличению урожая зеленой массы, включая початки (на 30–40%). Предварительные эксперименты в лаборатории искусственного климата показали, что внесение в почву нативной глины или ее кислотноактивированной формы в дозе 200 кг/га стимулировали увеличение надземной части растений на 21–25%. Последующий полевой мелкоделяночный опыт продемонстрировал некоторое преимущество кислотно-активированной бентонитовой глины, которая в дозе 200 кг/га увеличивала урожай зеленой массы на 32% и урожай початков на 38%.

**Ключевые слова:** бентонитовая глина НеобентК1, монтмориллонит К-10, кукуруза, увеличение урожайности

## ВВЕДЕНИЕ

Нами показано, что предпосевная обработка семян кукурузы кислотно-активированным монтмориллонитом К-10 существенно увеличивает урожай зеленой массы, включая початки. Продолжением этой работы является изучение возможности использования значительно более дешевых монтмориллонитовых (бентонитовых) глин (Абубикеров и др., 2025).

До сих пор бентонитовые глины использовали в растениеводстве для улучшения физико-химических и агрохимических свойств почв, т. е. в мелиоративных целях. При этом вносили в почву по несколько тонн глины на гектар (Агафонов Е.В. и Герасименко П.С., 2012), (Агафонов Е.В. и др., 2013), (Громаков А.А. и др., 2013), (Хованский М.В., 2009). В частности, на кукурузе максимальный урожай зеленой массы получен при внесении в почву 10 т/га бентонитовой глины (Агафонов Е.В., Герасименко П.С., 2012). Внесение таких количеств мелиорантов представляет серьезную проблему, поэтому усилия в соответствии

с современными рекомендациями должны быть направлены на разработку кремниевых удобрений, которые вносят в количестве 40–500 кг/га (Бочарникова Е.А. и др., 2023). В соответствии с этой тенденцией мы изучили влияние на урожай зеленой массы кукурузы внесения в почву 100 и 200 кг/га нативной бентонитовой глины и кислотно-активированной бентонитовой глины по аналогии с кислотно-активированным монтмориллонитом К-10.

Для этих исследований была выбрана коммерчески доступная бентонитовая глина Необент К1 (Таганское месторождение, Республика Казахстан), известная высоким содержанием монтмориллонита (Белоусов П.Е и др., 2019), (Высококачественная бентонитовая продукция <https://benton.kz>). Для модификации этой природной глины была принята методика ее кислотной активации (Мосталыгина Л.В. и др., 2019) с варьированием некоторых условий, а именно, обработкой глины 8 н. соляной кислотой при температуре реакционной среды 95–96 °С в течение 5 часов. В этих условиях был получен образец глины (Глина МХ), который по коэффициенту набухания был близок к коммерческому образцу МРТ, ранее показавшему стимулирующее действие развития растений в почве, загрязненной метсульфурон-метилом (Чкаников Н.Д. и др., 2023). Целью настоящего исследования было сравнение стимулирующего действия в посевах кукурузы при внесении в почву кислотно-активированного образца Глины МХ, природного образца (Глина 0) и сравнение их биологической эффективности со стандартным образцом монтмориллонита К-10.

Для решения поставленной цели и проведения экспериментальных работ были использованы:

– Монтмориллонит К-10 – порошок, глинистый минерал, подкласс слоистых силикатов, состав:  $(\text{Na}, \text{Ca})_{0,33}(\text{Al}, \text{Mg})_2(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_{2 \cdot n}\text{H}_2\text{O}$  (montmorillonite, “Aldrich”, CAS Number: 1318-93-0), удельная поверхность 250 м<sup>2</sup>/г, рН 3,5 для 10% дисперсии в воде. Степень объемного набухания в воде 1.1.

– Бентонитовая глина Необент К марки 1 (производитель ТОО «ТАГБЕНТ», Республика Казахстан) <https://togbent.com>. Методом рентгено-флюоресцентного анализа определен основной состав бентонитовой глины: SiO<sub>2</sub> 64.47, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 27.13, MgO 5.54, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 1.68, Na<sub>2</sub>O 0.81, MnO 0.13, Cl 0.09.

– Соляная кислота, х.ч. по ГОСТу 3181-77 (ООО «Компонент-Реактив», Москва).

Оптимизацию кислотной активации бентонитовой глины Необент К марки 1 проводят на установке, состоящей из трехгорлой колбы (объем 2л), снабженной обратным холодильником, роторной мешалкой Heidolph RZR 2020 и дозатором для загрузки компонентов. Температуру реакционной массы в колбе регулируют, помещая ее на водяную баню, установленную на электрической

плитке. В колбу, при температуре 20–250 °С, загружают последовательно при работе мешалки (скорость «8») 1200 мл 1,8 н соляной кислотой и порциями 240 г бентонитовой глины. После загрузки компонентов продолжают перемешивание 10 мин и поднимают температуру реакционной массы до 95–96 °С на кипящей водяной бане. Поддерживают температуру реакционной массы в течение 5 час. По завершении процесса кислотной активации из колбы сливают суспензию зелено-желтого цвета в стакан емкостью 5 л, остужают и промывают порциями по 1,0–1,5 л дистиллированной водой до нейтральной среды. Остаток суспензии переносят на фильтр и промывают 0,5 л дистиллированной водой. Осадок с фильтра переносят на металлический поддон и сушат в сушильном шкафу при температуре 85–90 °С до постоянного веса. Получают кислотно-активированную Глину МХ, которую измельчают и пропускают через сито с размером ячейки 1 мм. Выход продукта составляет 221,05 г белого сыпучего порошка. Состав Глины МХ следующий: SiO<sub>2</sub> 73.42, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 21.47, MgO 3.16, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 1.28, Na<sub>2</sub>O 0.13, MnO 0.08, Cl 0.08.

Приготовление суспензионной формы Глины 0: Точную навеску 0,55 г Глины 0 поместили в фарфоровую ступку и, добавляя 10,5 г 2%-го раствора карбоксиметилцеллюлозы натрия (NaКМЦ), проводили растирание суспензии в течение 10 мин до образования тонкой однородной суспензии. Выгрузили 10,0 г 0,5% суспензии Глины 0 в растворе NaКМЦ.

В результате кислотной обработки бентонита изменилось соотношение основных элементов его алюмосиликатного каркаса Si/Al, увеличиваясь от 2,10 для исходного образца до 3,02 для кислотно-активированного бентонита. Это произошло за счет частичного вымывания соляной кислотой оксида алюминия. Вместе с тем, по данным рентгено-фазового анализа кристаллическая структура образцов бентонита до и после обработки кислотой изменилась лишь в незначительной степени. При этом, образцы бентонита и монтмориллонита К-10 очень близки по своему фазовому составу. По данным рентгено-флюоресцентного анализа в образце кислотно-активированного бентонита содержание элементов включения в кристаллическую решетку алюмосиликата, магния и натрия, уменьшилось в 1,7 и 6,3 раза соответственно. В результате ионного обмена этих щелочно-земельных металлов на водородные катионы резко снизилась способность алюмосиликата к гидратации. Поэтому частицы кислотно-активированного бентонита при контакте с водой набухают очень мало. Степень объемного набухания изменилась от 2,2 для исходного образца до 1,1 для образца обработанного 1,8 н. соляной кислотой.

Сравнение эффективности применения природной глины (0) и кислотно-активированной глины (МХ) при внесении в почву и при предпосевной обработке

семян в вегетационных опытах на кукурузе (Краснодарская 201 АМВ) проводили в полевых условиях на делянках площадью 20 м<sup>2</sup>. При внесении в почву бентонитовые глины наносили на почву микропылителем (изготовлен в отделе гербологии ФГБНУ ВНИИФ) с последующей заделкой культиватором на глубину 8 см. В качестве урожая учитывалась общая зеленая масса кукурузы, а также урожайность початков. В технологии выращивания кукурузы предполагается уничтожение сорняков на первом этапе развития растений. Для этого проводили фоновое опрыскивание во всех вариантах всходов в фазе 2–6 листьев гербицидом Визион ДГ, обладающим системным и почвенным действием, что обеспечивает контроль над однолетними и многолетними двудольными сорняками. Показано, что внесение в почву бентонитовых глин в количествах, характерных для кремниевых удобрений (200 кг/га), приводит к значительному увеличению урожая зеленой массы:

30% для природной глины (0) и 32% для активированной (МХ). Прибавка урожая початков составила соответственно 22% (0) и 38% (МХ). Таким образом, есть основания считать, что бентонитовые глины могут служить эффективным кремниевым удобрением для кукурузы.

предпосевная обработка семян кукурузы бентонитовой глиной позволяет существенно увеличить урожай зеленой массы и початков (на 30–40%). По-видимому, урожайность может быть еще повышена за счет оптимизации состава для обработки семян. В нашем случае мы использовали протравленные семена кукурузы, полученные со специализированных протравочных станций. Если совместить такую процедуру протравливания семян с обработкой бентонитовой глиной, то дополнительные технологические затраты будут минимальны. Расход глины в этом случае составляет 14 кг/т семян, т. е. по своей эффективности глины не уступают лучшим кремниевым биостимуляторам, применение которых предполагает опрыскивание растений (Матыченков, 2022). Учитывая природное происхождение, доступность и дешевизну бентонитовых глин представляется целесообразной промышленно-технологической реализацией этого агрохимического приема. При этом следует учитывать, что в настоящее время нами проводятся исследования по использованию такой обработки бентонитовой глиной как часть стратегии по защите посевов от остатков гербицидов в почве (Чкаников и др. 2022, 2023, Халиков и др. 2024).

*Часть исследований по подготовке препаратов на биологические испытания выполнена в рамках Государственного задания № 075-00697-25-00 Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абубикеров В.А., Босак Г.С., Халиков М.С., Халиков С.С. Пастухов А.В., Чкаников Н.Д. // *Агрохимия* 2025, № 2, с. 56–59.
2. Агафонов Е.В., Герасименко П.С. Применение бентонита под кукурузу на чернозёме южном. *Агрохимия*, 2012, № 5, С. 9–15.
3. Агафонов Е.В., Цыганков А.В., Турчин В.В., Громаков А.А. Применение бентонитовой глины под озимую пшеницу на темно-каштановой почве. *Агрохимический вестник*, № 3, 2013, с. 22–24.
4. Громаков А.А., Скуратов Н.С., Горячев В.П. Эффективность применения бентонитовой глины и минеральных удобрений под подсолнечник на черноземе южном. *Научный журнал КубГАУ*, № 84 (10) 2012 с. 1–9.
5. Хованский М.В. Применение бентонитовой глины и минеральных удобрений под зерновое сорго на черноземе обыкновенном. Автореферат канд.х. наук 2009 г. Персиановский.
6. Бочарникова Е.А., Матыченков В.В., Матыченков И.В. Кремниевые препараты в сельском хозяйстве. *Агрохимия* 2023, № 12, С. 106–112.
7. Белоусов П.Е, Крупская В.В. Бентонитовые глины России и стран ближнего зарубежья // *Георесурсы* 2019, т. 21, № 3, С. 79–90.
8. Высококачественная бентонитовая продукция <https://benton.kz>.
9. Матыченков В.В., Бочарникова А.Е., Пироговская Г.В., Ермолович И.Е. *Почвоведение и агрохимия* 2022, № 1 (68) С. 219–234.
10. Мостальгина Л.В., Чернова Е.А., Бухтояров О.И. Кислотная активация бентонитовой глины // *Вестник ЮУрГУ, сер. Химия* 2012 том 9, № 24 с. 57.
11. Чкаников Н.Д., Пастухов А.В., Абубикеров В.А., Босак Г.С., Глинушкин А.П. Монтмориллонит как эффективный стимулятор развития в почве, загрязненной метсульфурон-метилом // *Агрохимия* 2023, № 5, с. 41–44.
12. Пат. РФ № 2024122124, 2024. Способ предпосевной обработки семян для защиты посевов от остатков гербицидов в почве, Халиков М.С., Халиков С.С., Пастухов А.В., Чкаников Н.Д., Абубикеров В.А.
13. Пат. РФ № 2794171, 2023. Применение монтмориллонита для детоксикации почв, загрязненные гербицидами, Чкаников Н.Д., Пастухов А.В., Абубикеров В.А.

# OPTIONS FOR USING MONTMORILLONITE CLAYS TO INCREASES CORN YIELDS

Khalikov M.S.<sup>1</sup>, Abubikerov V.A.<sup>2</sup>, Malgin I.V.<sup>2</sup>, Chkanikov N.D.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*A.N. Nesmeyanov Institute of Organoelement Compounds of the Russian Academy of Sciences, 119991 Moscow, Vavilov str., 28, Russia; marat1988@ineos.ac.ru*

<sup>2</sup>*All-Russian Research Institute of Phytopathology  
143050, Moscow region, Bol'shiyeVyazemy, Institute str., bldg. 5, Russia*

**Abstract:** In small-plot field experiments, the effect of pre-sowing treatment of seeds with bentonite (montmorillonite) clay NeobentK1 (Taganskoye deposit, Republic of Kazakhstan) and its acid-activated form on the yield of green mass and corn cobs was studied. In addition, the effect of such clays on the development of vegetative corn plants when they are added to the soil was investigated. In small-plot field experiments, it was shown that pre-sowing treatment of corn seeds with experimental samples of bentonite clays leads to a significant increase in the yield of green mass, including cobs (by 30–40%). Preliminary experiments in an artificial climate laboratory showed that adding native clay or its acid-activated form to the soil at a dose of 200 kg/ha stimulated an increase in the above-ground part of the plants by 21–25%. A subsequent field trial demonstrated a slight advantage of acid-activated bentonite clay, which increased the yield of the green mass increased by 32% and the ear yield increased by 38%.

**Keywords:** NeobentK1 bentonite clay, K-10 montmorillonite, corn, increased yield.

# РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСНЫХ ПРЕПАРАТОВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ МЕТОДАМИ МЕХАНОХИМИИ

Халиков С.С., Халиков М.С.

*Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова РАН,  
119991 Москва, ул. Вавилова, 28, стр.1, E-mail: marat1988@ineos.ac.ru*

**Аннотация:** Проблема разработки препаратов для защиты растений от болезней, вредителей и сорняков в виде протравителей является актуальной и требует особого внимания химиков, технологов, биологов, агрономов и пр. Действующие вещества (ДВ) большинства пестицидов представляют собой органические вещества, которые не растворяются в воде и поэтому необходимо готовить препаративные формы, включающие в свой состав, кроме ДВ, множество вспомогательных компонентов (ПАВ, смачиватели, стабилизаторы, прилипатели и пр.). При этом получают различные по природе, составу, характеристикам препаративные формы, которые позволяют эффективно и рационально использовать пестицид по назначению. В работе представлены результаты исследований по разработке различных препаративных форм пестицидов методами механохимии для защиты зерновых культур и картофеля.

**Ключевые слова:** фунгициды, инсектициды, протравители, механохимия, зерновые, картофель, биологическая эффективность.

## ВВЕДЕНИЕ

Известно, что биологически активная субстанция не является гарантом получения эффективного пестицида, так как будущее препаратов зависит также от правильно подобранных для него препаративных форм (Каракотов и Сараев, 2009), которые можно классифицировать по агрегатному состоянию. Так, микроэмульсии (МЭ) и концентраты коллоидных растворов (ККР), по сравнению со смачивающимися порошками (СП), концентратами эмульсий (КЭ) и концентратами суспензий (КС), обладают более высокой биологической активностью, поскольку дисперсность частиц достигает 0,005–0,1 мкм, что в 50–1000 раз меньше, чем в традиционных формах. Эти инновационные рецептуры по сравнению с традиционными позволяют обеспечивать более высокую биологическую эффективность препарата с тем же ДВ. Кроме того, они позволяют снизить норму внесения ДВ и снизить пестицидную нагрузку (Тропин, 2007).

Цель работы показать роль препаративных форм в создании методами механохимии эффективных протравителей зерновых культур и картофеля на основе известных фунгицидов и инсектицидов с анализом их биологической активности.

## **Традиционные препаративные формы пестицидов и их совершенствование.**

Разнообразие культур и способов применения пестицидов (протравливание, опрыскивание, фумигация и пр.) диктует необходимость создания и различных препаративных форм, способных увеличить эффективность пестицида за счет его полного и лучшего контакта с защищаемыми растениями и вредными объектами. Поэтому, помимо ДВ, препаративные формы содержат наполнители (носители) для разбавления ДВ и разные вспомогательные ингредиенты (ПАВ, прилипатели, загустители, смачиватели и пр.) (Нестерова и др. 2009).

Среди традиционных форм надо отметить смачивающиеся порошки (занимают до 30% в списке препаратов), эмульсионные концентраты, дусты (порошки), гранулы. Текучие суспензии и эмульсии являются улучшенными формами традиционных препаратов. К новым формам относят диспергирующие гранулы, суспензии, микрокапсулы и твердые дисперсии, при получении которых используются новые технологии (Kalia and Poddar, 2011).

Ряд современных протравителей выпускаются в виде суспензионных концентратов (СК), содержащих в своем составе клеящие вещества, позволяющие удерживать частицы ДВ на поверхности растительного объекта. Формы в виде масляных эмульсий оказались более привлекательными в качестве протравителей, т. к. обеспечивают максимальное проникновение ДВ в семена за счет их солюбилизации внутри микроэмульсионной капли. Препаративные формы протравителей постоянно совершенствуются, что влияет на биохимические показатели и физиологические функции растений. В качестве альтернативных форм следует рассматривать твердые дисперсии (ТД), которые нами впервые получены на основе фунгицида тебуконазола и полимеров (Халиков и др., 2013). Полученные при этом ТД обладали высокой биологической активностью в посевах яровой пшеницы «Новосибирская-31» при снижении дозировки ТБК в 2–5 раз (Халиков и др., 2015). Этот метод в дальнейшем был распространен на жидкофазные системы для получения суспензионных концентратов и суспензий.

## **Механохимия – перспективная технология в разработке инновационных протравителей.**

Методы механохимии позволяют совмещать совместное измельчение различных по агрегатному состоянию и растворимости субстанций фунгицидов и получать как порошкообразные (твердые дисперсии) (Khalikov, 2021), так и жидкие формы (суспензии, суспензии) (Vlasenko et al., 2020). Изучение и сравнительная оценка эффективности их применения в различных препаративных формах позволяет выявить формы с наибольшей биологической активностью, повышенной растворимостью, прилипанием, контактно-системным действием,

наименьшей токсической нагрузкой. Теплякова и др. (2018), изучая динамику увеличения плотности спор от предыдущей к последующей фазе развития пшеницы было установлено, что обработка семян ТД на основе ТБК и АГ была более эффективной, чем использование стандартного препарата Раксил КС.

Как было отмечено выше (Халиков и др., 2013), использованием совместной механообработки субстанции ТБК с водорастворимыми полимерными веществами были получены ТД с высокой фунгицидной активностью против возбудителей корневой гнили (*Helminthosporium* spp., *Fusarium* spp.) и других видов грибов (*Penizillium* spp.) при более низких нормах расхода. Такая высокая активность ТД объяснялась тем, что ТД в воде образовывали межмолекулярные комплексы с высокой мембранной проницаемостью. На основе полученных данных сделаны рекомендации этого метода для создания сельскохозяйственных препаратов с различным спектром биологического действия (в том числе, на картофеле).

Расширяя ассортимент полимерных веществ, для модификации ТБК была использована ламинария. Были получены соответствующие ТД и межмолекулярные комплексы, существование которых подтверждено увеличением растворимости и мембранной проницаемости (в ~10 раз по сравнению с исходным ТБК), а также методом динамической спектроскопии ЯМР  $^1\text{H}$  в водных растворах (Власенко и др., 2017; Khalikov et al., 2023).

В продолжение работ по модификации фунгицидных субстанций, позволяющих получать инновационные препараты, требуется привлечение в практику защиты растений новых препаратов комплексного действия. Одним из таковых является беномил, в котором реализуется принцип рационального использования пестицидов для защиты растения от семенной, почвенной и аэрогенной инфекции. Несмотря на высокую зараженность семенного материала возбудителями обыкновенной корневой гнили до 11,7% (*B. sorokiniana*) и 12,7%, (*Fusarium* spp.), после протравливания ТД на основе беномила она снизилась на 100 и 72%, соответственно. Применение ТД беномила для протравливания семян оказало положительное влияние на продуктивность яровой пшеницы, а именно, повысило высоту и число растений, а также количество продуктивных стеблей, что сказалось и на увеличении урожайности на 2,1 ц/га по сравнению с контролем. (Власенко и др., 2016).

Методами механохимии также были получены композиции фунгицидов-протравителей на основе карбендазима и водорастворимых полимеров для комплексной защиты картофеля при хранении от возбудителей гнилей и ризоктониоза. Установлено, что введение в состав этих препаратов полисахаридов позволило получить протравители клубней картофеля с улучшенными физико-хими-

ческими, технологическими и биологическими параметрами. Испытание препаратов в полевых условиях показали синергизм биологических свойств, проявлявшихся в ускорении роста растений и увеличении их биомассы, снижении развития ризоктониоза картофеля на стеблях и увеличении продуктивности культуры. Показано, что композиции карбендазима с изученными полимерами обладали высокой биологической активностью при сниженном расходе препарата (Малюга, 2017).

Расширяя ассортимент протравителей на основе фунгицида ТБК была проведена его модификация с помощью полисахарида АГ из лиственницы сибирской *Larix sibirica* (Халиков и др., 2015). При этом были получены ТД, которые легко образовывали удобные для применения рабочие суспензии для протравливания зерновых культур, в которых наблюдалось равномерное распределение ТБК на протравливаемом зерне и надежное прилипание, что является особенно актуальным при хранении и транспортировке обработанных семян (Khalikov et al., 2025). Такой результат стал возможным благодаря физико-химическим свойствам самого АГ, а именно, его свойствам диспергатора, прилипателя и поверхностно-активного вещества (Медведева и др., 2003).

Принимая во внимание положительные результаты по использованию глицирризиновой кислоты (ГК) и ее производных, в частности, динатриевой соли ( $\text{Na}_2\text{ГК}$ ) для улучшения мембранной проницаемости ряда лекарственных субстанций (Душкин и др. 2013), представляло интерес изучить влияние ГК и ее производных на свойства протравителей. Испытания этих протравителей в лабораторных и полевых условиях показали синергизм биологических свойств, проявляющихся в ускорении роста культурного растения, снижении пораженности корневой системы яровой пшеницы и ярового ячменя обыкновенной корневой гнилью и увеличении их продуктивности при снижении нормы расхода ДВ, а именно, при снижении нормы расхода ТБК в 3 раза (в его ТД с ГК) (Душкин и др., 2016).

### **Поиск и разработка многокомпонентных и полифункциональных протравителей.**

Как известно, предотвращение формирования у патогенов резистентности к фунгицидам реализуемо через использование комбинированных препаратов с многосторонней фунгицидной активностью. Изучение и сравнительная оценка эффективности их применения в различных препаративных формах позволяет выявить формы с наибольшей биологической активностью, повышенной растворимостью, прилипаемостью, контактно-системным действием, наименьшей токсической нагрузкой. Эти препараты необходимы для получения высоких урожаев, их сохранения и рационального использования (Бурлакова и др., 2019).

Принимая во внимание широкий спектр заболеваний на культурных растениях, а также необходимость проведения комплексной борьбы с этими заболеваниями, актуализированы исследования по разработке многокомпонентных протравителей, что позволяет сократить количество обработок и приводит к снижению инфекционной нагрузки. Для изучения роли препаративных форм таких препаратов на их биологическую активность были приготовлены масляные эмульсии. Для получения суспензионной формы была использована технология жидкофазного суспендирования. Были приготовлены препараты на основе тебуконазола, металаксила и имазапила, которые обладали высокой эффективностью при протравливания семян и предотвращали формирование у патогенов резистентности к фунгицидам (Vlasenko et al., 2020).

С целью создания протравителей для комплексной защиты картофеля от возбудителей сухих фомозно-фузариозных гнилей при хранении и ризоктониоза были разработаны ТД на основе тебуконазола, тирама и карбендазима с растительными метаболитами, а также суспензионные формы этих же фунгицидов без использования традиционных формообразующих компонентов. Испытание этих препаратов показало их высокую эффективность против гнилей хранения, а в полевых условиях они снижали развитие ризоктониоза на стеблях картофеля и оказывали влияние на показатели продуктивности растений, повышали урожайность культуры и качество нового урожая. Показано, что предложенные препараты обладали высокой биологической эффективностью при сниженных нормах расхода ДВ (Малюга и др., 2020).

Для оценки эффективности альтернативных препаративных форм на основе ТБК были приготовлены микроэмульсионная, микрокапсулированная и наносуспензионная формы (Халиков и др., 2022). Эти нанопрепараты изучались как экологически и экономически устойчивые альтернативы для обработки семян пшеницы от патогенных микроорганизмов и оценки их биологической активности. Результаты исследования выявили высокую активность разработанных препаратов в отношении патогенной микрофлоры с низким ретардантным действием (Khalikov et al., 2023).

С целью создания экологически безопасных протравителей для комплексной защиты картофеля разработаны ТД флудиоксонила с растительными метаболитами (АГ и ГК). Испытание этих препаратов показало их высокую эффективность против гнилей хранения, а в полевых условиях они снижали развитие ризоктониоза на стеблях картофеля и оказывали влияние на показатели продуктивности растений, повышали урожайность культуры и качество нового урожая. Показано, что предложенные препараты обладали высокой биологической эффективностью при сниженных нормах расхода ДВ, что способствовало получению экологически безопасной продукции (Малюга и др., 2022).

Работа выполнена в рамках Государственного задания № 075-00277-25-00 Министерства науки и высшего образования РФ.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурлакова С.В., Власенко Н.Г., Халиков С.С. Оценка влияния препаративных форм протравителей семян на основе триазолов на физиологические особенности всходов яровой пшеницы. *Агрохимия*, 2019, 11, 27–32.
2. Власенко Н.Г., Теплякова О.И., Халиков М.С., Халиков С.С. Эффективность применения композиций на основе бенонила на яровой пшенице. *Успехи современного естествознания*, 2016, 2, 80–84.
3. Власенко Н.Г., Теплякова О.И., Метелева Е.С., Поляков Н.Э., Халиков С.С., Душкин А.В. Эффективный препарат для предпосевной обработки зерновых культур на основе комплексов тебуконазола с полисахаридами ламинарии. *Успехи современного естествознания*, 2017, 12, 28–37.
4. Душкин А.В., Метелева Е.С., Чистяченко Ю.С., Халиков С.С. Механохимическое получение и свойства твердых дисперсий, образующих водорастворимые супрамолекулярные системы. *Фундаментальные исследования*, 2013 г., 1 (3), 741–749.
5. Душкин А.В., Метелева Е.С., Хомиченко Н.Н., Власенко Н.Г., Теплякова О.И., Халиков М.С., Халиков С.С. Новый пестицидный препарат на основе комплексов тебуконазола и производных глицирризина. *Успехи современного естествознания*, 2016, 11 (2), 296–300.
6. Каракотов С.Д., Сараев П.В. Препаративные формы современных пестицидов. стр. 65–76. В кн.: «Адаптивно-интегрированная защита растений». Москва: Печатный город. 2009 – 628 с.
7. Малюга А.А., Чуликова Н.С., Халиков С.С. Экологически безопасные препараты на основе механохимической модификации карбендазима для комплексной защиты картофеля. *Агрохимия*, 2017, 6, 52–61.
8. Малюга А.А., Чуликова Н.С., Халиков С.С. Эффективность инновационных препаратов на основе тебуконазола, тирама и карбендазима против болезней. *Агрохимия*, 2020, 7, 69–79.
9. Малюга А.А., Чуликова Н.С., Ильин М.М., Халиков С.С. Препараты на основе флудиоксонила как средства защиты картофеля от болезней и их эффективность. *Агрохимия*, 2022, 2, 34–44.
10. Медведева Е.Н., Бабкин В.А., Остроухова Л.А. Арабиногалактан листовницы- свойства и перспективы использования (Обзор). *Химия растительного сырья*, 2003, 1, 27–37.
11. Нестерова Л.М., Елиневская Л.С., Березина Л.А. Новые технологии рецептуры пестицидов. *Агрохимия*, 2009, 1, 33–37.

12. Теплякова О.И., Власенко Н.Г., Душкин А.В., Халиков С.С. Влияние обработки семян механокомпозициями тебуконазола на накопление спор *Bipolaris sorokiniana* Shoem. в черноземе выщелоченном / *Агрохимия*, 2018, 5, 33–38.
13. Тропин В.П. Прогрессивные формы пестицидных препаратов и способы их применения. *Защита и карантин растений*, 2007, 2, 32–33.
14. Халиков С.С., Душкин А.В., Давлетов Р.Д., Евсеенко В.И. Создание инновационных фунгицидных средств на основе тебуконазола с привлечением механохимических процессов. *Фундаментальные исследования*, 2013, 10, 2695–2700.
15. Халиков С.С., Теплякова О.И., Власенко Н.Г., Халиков М.С., Евсеенко В.И., Душкин А.В. Применение арабиногалактана для улучшения технологических и биологических свойств протравителей зерновых культур. *Химия в интересах устойчивого развития*, 2015, 5, 591–599.
16. Халиков С.С., Теплякова О.И., Власенко Н.Г. Влияние препаративных форм тебуконазола на фитосанитарное состояние обработанных семян, рост и развитие проростков яровой пшеницы. *Агрохимия*, 2022, 2, 45–55.
17. Kalia A., Poddar M. Solid Dispersions: An Approach towards Enhancing Dissolution Rate. *Int. J Pharm. and Pharmaceutical Sci.*, 2011, 3 (4), 9–19.
18. Khalikov S.S. Solid Dispersions of Anthelmintics and Plant Protection Preparations. *Solids*, 2021, 2 (1), 60–75.
19. Khalikov S.S., Teplyakova O.I., Vlasenko N.G., Selyutina O.Yu., Polyakov N.E. Ecologically friendly formulations based on tebuconazole for plant protection and their biological efficacy. *J.Agr.Sci.Tech.*, 2023, 25 (2), 403–414.
20. Khalikov S.S., Vlasenko N.G., Khalikov M.S., Ivanova I.A., Ilyin M.M. Factors affecting the processes of penetration of protectants into grain of seeds and increasing the yield of crops. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 2025, 27 (1), 179–188.
21. Vlasenko N.G., Khalikov S.S., Burlakova S.V. Flexible Technology of Protectants for Grain Seeds. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.*, 2020, 548 (8), 082003.

## **DEVELOPMENT OF COMPLEX PREPARATIONS FOR PLANT PROTECTION BY MECHANOCHEMISTRY METHODS**

Khalikov S.S., Khalikov M.S.

*A.N. Nesmeyanov Institute of Organoelement Compounds  
of the Russian Academy of Sciences,  
119991 Moscow, Vavilova St., 28, building 1, E-mail: marat1988@ineos.ac.ru*

**Abstract:** The problem of developing preparations for plant protection against diseases, pests and weeds in the form of seed dressings is relevant and requires special attention from chemists, technologists, biologists, agronomists, etc. The active substances of most pesticides are organic substances that do not dissolve in water and therefore it is necessary to prepare formulations that include in their composition, in addition to the active substances, many auxiliary components (surfactants, wetting agents, stabilizers, etc.). In this case, preparation forms of various nature, composition, and characteristics are obtained, which allow the pesticide to be used effectively and rationally for its intended purpose. The paper presents the results of studies on the development of various preparation forms of pesticides using mechanochemistry methods for the protection of grain crops and potatoes.

**Key words:** fungicides, insecticides, mechanochemistry, seed dressings, grains, potatoes, biological efficiency.

# БЕЛОК MF3, ИНДУЦИРУЮЩИЙ БОЛЕЗНЕУСТОЙЧИВОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР, СПОСОБЕН ЗАЩИЩАТЬ ДЕКОРАТИВНЫЕ РАСТЕНИЯ СЕМЕЙСТВА *ORCHIDACEAE* ОТ *FUSARIUM SOLANI*

Чудакова К.А.

*Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии,  
Большие Вяземы, Россия, ksenia\_chudakova93@mail.ru*

**Аннотация:** В статье представлены новые данные о спектре защитного действия бактериального белка MF3 – индуктора устойчивости растений к фитопатогенам. Установлено, что данный индуктор, защищающий сельскохозяйственные культуры, для которых характерен СЗ-тип фотосинтеза, способен также повышать устойчивость декоративных эндофитных растений с САМ-типом фотосинтеза. В частности, с помощью биотестов показано, что прединкуляционная обработка изолированных листьев орхидей *Phalaenopsis* и *Cymbidium* белком MF3 значительно ослабляет симптомы, вызванные их искусственным заражением грибом *Fusarium solani*, который входит в патоконкомплекс возбудителей фузариоза растений семейства Орхидные (*Orchidaceae*).

**Ключевые слова:** белок-индуктор MF3, *Fusarium solani*, *Phalaenopsis*, *Cymbidium*, биологическая защита декоративных растений.

## ВВЕДЕНИЕ

Грибы рода *Fusarium* широко распространены в природе и относятся к сапротрофам, которые в то же время способны поражать важные сельскохозяйственные, а также некоторые декоративные культуры, в том числе многие виды семейства Орхидные (*Orchidaceae*). Орхидеи – высоко ценимые экзотические декоративные растения, имеющие важное коммерческое значение, поэтому их заболевания вызывают серьезную озабоченность у производителей (Коломейцева, 2017). Повышенный спрос на орхидеи привел к резкому увеличению объема растений, перемещаемых между странами, что способствовало переносу в новые районы различных болезней (Swett & Uchida, 2015), в том числе фузариоза – одного из основных заболеваний орхидей, которое приводит к серьезным экономическим потерям (Цавкелова и др., 2003; Srivastava et al., 2018). *Fusarium solani* входит в число основных и наиболее распространенных возбудителей фузариоза орхидных. Его патоконкомплекс содержит специализированные формы, вызывающие пожелтение и пятнистость листьев, а также корневую гниль, гниль псевдобульб, корневой шейки и некроз корней у нескольких родов орхидей, включая *Phalaenopsis* и *Cymbidium*. При этом, показано, что для видов

*Phalaenopsis* и *Cymbidium*, выращиваемых в теплицах, преобладающим патогеном может быть *F. solani* f.sp. *phalaenopsis* (Laurence et al., 2016).

Борьба с фузариозом орхидных объединяет профилактические мероприятия, в том числе различные санитарные меры (например, дезинфекция грунта и вазонов, удаление зараженного растительного материала и т.п.), агротехнические приемы, оптимизацию условий выращивания растений, а также химический и биологический контроль.

Одним из перспективных направлений биологического контроля фитопатогенов является использование различных индукторов неспецифической системной устойчивости растений к болезням. К таким индукторам принадлежит бактериальный белок MF3, защитное действие которого было показано при обработках им пшеницы, ячменя, риса, томата, табака, картофеля, огурца и моркови (Щербакова и др., 2023). Однако до сих пор этот индуктор не был применен на растениях, физиологические свойства которых значительно отличаются от свойств вышеуказанных сельскохозяйственных культур с С3-типом фотосинтеза. В связи с этим целью данного исследования была проверка возможности применения MF3 для защиты от *F. solani* представителей семейства *Orchidaceae* – эндофитных растений с САМ-типом фотосинтеза.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для выделения возбудителя в чистую культуру использовали ткани псевдобульб, листьев и корней *Phalaenopsis*, *Calanthe* и *Cymbidium* из оранжереи Главного ботанического сада имени Н.В. Цицина РАН (ГБС РАН), имевших симптомы поражения, характерные для фузариоза орхидных. *F. solani* идентифицировали с помощью микроскопии по морфологии и размеру конидий и конидиеносцев (Leslie & Summerell, 2006) и морфологии колоний. Макроконидии гриба для уточнения его видовой принадлежности были получены методом «ловушек» при выращивании культуры на голодном агаре с фрагментами листьев гвоздики. Для подтверждения патогенности выделенных изолятов листья растений инокулировали конидиями, суспензии которых ( $5 \times 10^5$  конидий/мл) получали смывом с поверхности 14-суточных культур, выращенных на картофельно-глюкозном агаре. Инокуляцию проводили по методике Su et al. (2010), а для оценки интенсивности поражения использовали 11-балльную шкалу Chen et al. (2021). С пораженных участков растений получали чистые культуры наиболее патогенного реизолята гриба, который использовали в биотестах с обработкой белком MF3 фрагментов листьев орхидей и их последующей инокуляцией патогеном.

У молодых растений рода *Phalaenopsis* (3 растения на вариант) отделяли листья одинакового размера и возраста. Апикальные фрагменты промытых стерильной дистиллированной водой (СДВ) листьев помещали в чашки Петри с 1%

голодным агаром с бензимидазолом (20 мкг/мл). На поверхность фрагментов наносили микрораны (Su et al., 2010) и накрывали область поранения стерильными ватными шариками (диаметр 4 мм), пропитанными одинаковым объемом раствора MF3 в СДВ (100 мкг/мл). На зону поранения фрагментов контрольных листьев помещали шарики, смоченные тем же объемом СДВ. Через сутки ватные шарики заменяли на новые, смоченные в суспензии конидий *F. solani* ( $10^5$  спор/мл). Чашки с фрагментами листьев помещали во влажную камеру и выдерживали 2 суток в темноте при 27 °С. Затем ватные шарики удаляли и инкубировали чашки при 23–25 °С с 10-часовой подсветкой (2850 лм, 4000 К). Симптомы поражения регистрировали в течение 7 суток после инокуляции. В биотестах с растениями *Cymbidium* отрезки верхней части листьев погружали на 24 часа во флаконы с MF3 (100 мкг/мл СДВ; 10 мл на лист), а контрольные фрагменты – во флаконы с тем же объемом СДВ. Затем обработанные и контрольные фрагменты переносили во флаконы с суспензией конидий *F. solani* ( $10^5$  спор/мл; 10 мл/лист). Интенсивность поражения оценивали, измеряя площадь некрозов или усыханий, и выражали ее в процентах к площади фрагмента.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Эксперименты с прединокуляционной обработкой изолированных листьев *Phalaenopsis* белком MF3 показали, что его нанесение приводит к значительному ослаблению и задержке развития симптомов, вызванных *F. solani* (рис. 1), и почти к двукратному снижению среднего балла поражения листьев (табл. 1). При этом некрозы, отмеченные на фрагментах листьев, обработанных перед заражением белком-индуктором, вплоть до 5 суток были связаны только с механическим поранением поверхности листа, в то время как на фрагментах, не обработанных MF3, уже на 3 сутки после инокуляции в области ран было отмечено появление мицелия патогена, на 5 сутки – распространение почернений за зону поранения и развитие вокруг нее хлорозов, а к 7 суткам – развитие обширных хлорозов и появление симптома покраснения листьев (рис. 1), что соответствовало максимальному баллу поражения по шкале Chen et al. (2010).

Защитный эффект MF3 в отношении орхидных был подтвержден также результатами биотестов с зараженными *F. solani* отрезками листьев *Cymbidium*. На них зоны некрозов и усыхания после 24-часовой инкубации в растворе белка к концу наблюдений (на 12 сутки после инокуляции) занимали не более  $4,0 \pm 0,75\%$  общей площади отрезка. В то же время, в варианте без обработки MF3 этот показатель составлял в среднем  $33,4 \pm 0,64\%$ , а в одном из экспериментов достигал 70%.

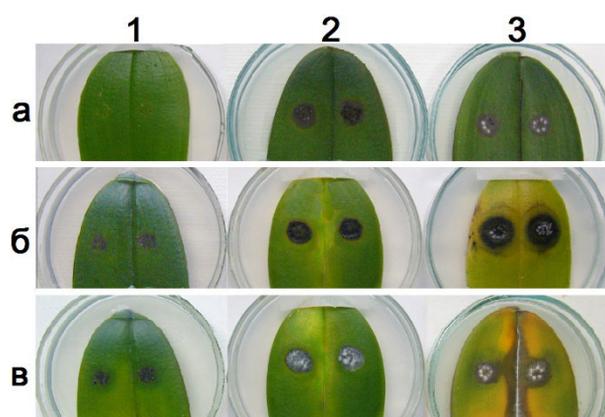


Рис. 1. Развитие симптомов фузариоза на изолированных листьях *Phalaenopsis* (репрезентативные фотографии одного из биотестов).  
1 – H<sub>2</sub>O, 2 – MF3+*F.solani*, 3 – H<sub>2</sub>O + *F.solani*; 3 (а), 5 (б) и 7 (в) суток после инокуляции

Таблица 1

**Степень поражения обработанных и не обработанных MF3 фрагментов листьев *Phalaenopsis* после их инокуляции конидиями *F. solani***

Сутки после инокуляции	Средний балл поражения (M±m)*		Уровень значимости отличий, p**
	MF3+ <i>F.solani</i>	H <sub>2</sub> O+ <i>F. solani</i>	
3	3,2 ± 0,4	6,5 ± 0,5	0,031
5	4,5 ± 0,5	9,0 ± 0,2	0,007
7	6,5 ± 0,1	10,0 ± 0,0	0,004

Примечание: \*Среднее для 3 экспериментов. \*\*STATISTICA 6.1 (StatSoft, Inc.).

Таким образом, впервые удалось установить, что белок-индуктор MF3 способен защищать растения семейства Орхидные от грибов рода *Fusarium*, в частности, от *F. solani* – патогена, опасного не только для этих растений, но и для многих важных сельскохозяйственных культур. Полученные результаты расширяют наши представления о защитном спектре исследуемого индуктора болезнестойчивости и свидетельствуют о принципиальной возможности его применения на декоративных эндофитных растениях.

### БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена в рамках Государственного задания (тема № FGGU-2025-0003). Автор выражает свою благодарность М.С. Романову, заведующему лабораторией тропических растений ГБС РАН, ведущему научному сотруднику этой лаборатории Г.Л. Коломейцевой и агроному ГБС А.А. Добрыдневой за консультации и предоставленную возможность отбора образцов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коломейцева Г.Л. Орхидеи и особенности их выращивания. Москва: Фитон XXI, 2017.
2. Цавкелова Е.А., Александрова А.В., Чердынцева Т.А., Коломейцева Г.Л., Нетрусов А.И. Грибы, ассоциированные с корнями орхидей в условиях оранжереи. Микология и фитопатология, 2003, 37, 57–63.
3. Щербакова Л.А., Джавахия В.Г., Duan Y., Zhang J. Микробные белки – элиситоры устойчивости растений к фитопатогенам и их потенциал для экологически ориентированной защиты сельскохозяйственных культур. Сельскохозяйственная биология, 2023, 58, 789–820.
4. Chen S.Y., Wu Y.J., Hsieh T.F., Su J.F., Shen W.C., Lai Y.H., Lai P.C., Chen W.H., Chen H.H. Develop an efficient inoculation technique for *Fusarium solani* isolate “TJP-2178-10” pathogeny assessment in *Phalaenopsis* orchids. *Botanical Studies*, 2021, 62, 1–7.
5. Laurence M.H., Howard C., Summerell B.A., Liew E.C.Y. Identification of *Fusarium solani* f.sp. *phalaenopsis*. *Australasian Plant Disease Notes*, 2016, 11: 15, 1–3.
6. Leslie J.F., Summerell B.A. *The Fusarium laboratory manual*. Iowa: Blackwell Publishing, 2006.
7. Srivastava S., Kadooka C., Uchida J. *Fusarium* species as pathogen on orchids. *Microbiological Research*, 2018, 207, 188–195.
8. Su J.F., Lee Y.C., Chen C.W, Hsieh T.F., Huang J.H. Sheath and root rot of *Phalaenopsis* caused by *Fusarium solani*. *Proceedings of 1 International Orchid Symposium*, 2010, 389–394.
9. Swett C., Uchida J. Characterization of *Fusarium* diseases on commercially grown orchids in Hawaii. *Plant Pathology*, 2015, 64, 648–654.

## **MF3 PROTEIN INDUCING DISEASE RESISTANCE IN AGRICULTURAL CROPS PROTECTS ORNAMENTAL *ORCHIDACEAE* PLANTS FROM *FUSARIUM SOLANI***

Chudakova K.A.

*All-Russian Research Institute of Phytopathology,  
Bolshie Vyazemy, Russia, ksenia\_chudakova93@mail.ru*

**Abstract:** New data related to the spectrum of protective action of the bacterial protein MF3 that induces plant disease resistance are presented. It has been demonstrated that this inducer is capable of protecting not only agricultural crops belonging to C3 plants, but also ornamental endophytic plants with the CAM photosynthesis. Thus, biotests involving pre-inoculation treatments of detached

*Phalaenopsis* and *Cymbidium* leaves with MF3 protein showed a significant reduction of the symptoms caused by *F. solani*, a harmful pathogen of various *Orchidaceae* plants.

**Key words:** plant resistance-inducing MF3 protein, *Fusarium solani*, *Phalaenopsis*, *Cymbidium*, biological protection of ornamental plants.

# ХЕМОСЕНСИБИЛИЗАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ТИМОЛА И ВОЗМОЖНЫЕ МЕХАНИЗМЫ ЕГО АНТИПАТОГЕННОГО ДЕЙСТВИЯ

Щербакова Л.А.<sup>1</sup>, Ерохин Д.В.<sup>1</sup>, Стахеев А.А.<sup>2</sup>,  
Завриев С.К.,<sup>2</sup> Джавахия В.Г.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии,  
Большие Вяземы, Россия, [larisavniif@yahoo.com](mailto:larisavniif@yahoo.com)

<sup>2</sup>Институт биоорганической химии  
им. М. М. Шемякина и Ю. А. Овчинникова, Москва, Россия

**Аннотация:** Тимол представляет собой вторичный растительный метаболит, обладающий антигрибным действием и хемосенсибилизирующей активностью. Показано, что обработки семян и растений злаковых различными фунгицидными препаратами вместе с тимолом приводят к значительному снижению эффективных доз исследованных фунгицидов, обеспечивая при этом защиту растений достаточную для сдерживания болезней, вызываемых *Bipolaris sorokiniana*, *Parastagonospora nodorum* и *Fusarium* spp. Механизмы, обуславливающие антигрибной и сенсibiliзирующий эффекты тимола, включают его способность нарушать целостность клеточной стенки или мембраны патогенов, препятствовать биосинтезу эргостерола и фузариотоксинов и снижать выживаемость клеток грибов.

**Ключевые слова:** тимол, хемосенсибилизация, защита растений, фитопатогенные грибы, фунгициды.

## ВВЕДЕНИЕ

Снижение эффективных доз фунгицидов путем воздействия вторичными метаболитами растений на метаболизм фитопатогенных грибов, приводящего к повышению их чувствительности к действующим веществам (д.в.) фунгицидных препаратов, может способствовать сдерживанию растущего загрязнения сельскохозяйственных угодий ксенобиотиками. Кроме того, сенсibiliзация устойчивых штаммов возбудителей могла бы сделать их более уязвимыми к действию фунгицидов.

Тимол (2-изопропил-5-метилфенол) по химической природе представляет собой монотерпеновый фенол, который является основным компонентом эфирного масла тимьяна обыкновенного (*Thymus vulgaris* L.) и других видов яснотковых. Ранее мы обнаружили, что добавление тимола вместе с дифенокназолом (в виде препарата Дивиденд КС, 3%) в питательные среды значительно усиливает ингибирующее действие этого фунгицидного препарата в отношении роста колоний *Bipolaris sorokiniana* и *Parastagonospora nodorum* (Dzhavakhiya et al., 2012). Мы также показали, что тимол может быть использован *in vitro* для

преодоления устойчивости к фунгицидам штамма *P. nodorum*, способного расти на средах, содержащих дифеноконазол (Kartashov et al., 2019). Этот вторичный растительный метаболит подавляет рост и спороношения некоторых фузариевых грибов. Ниже представлены данные, свидетельствующие о том, что обработка семян или опрыскивание растений злаковых тимолом в сочетании с фунгицидными препаратами, содержащими различные д.в., приводит к снижению эффективных доз исследованных фунгицидов, обеспечивая при этом достаточную для сдерживания фитопатогенов защиту растений. Кроме того, исследованы и обсуждены возможные механизмы антипатогенного действия и сенсibiliзирующего эффекта тимола, включая его влияние на биосинтез микотоксинов фузариевых грибов.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Штаммы возбудителей корневых гнилей злаковых (*Fusarium* spp., *B. sorokiniana*) и септориоза колоса пшеницы (*P. nodorum*), были предоставлены Государственной коллекцией фитопатогенных микроорганизмов ВНИИФ.

Для обработки семян и листьев использовали растворы 99% коммерческого препарата тимола (CAS 89-83-8, Реарус, РФ), содержащие его нефитотоксичные концентрации, в 1% диметилсульфоксиде. В качестве фунгицидов были использованы дифеноконазол, тебуконазол (Дивиденд<sup>®</sup> ТКС, 3% и Фоликур<sup>®</sup> КЭ, 25% соответственно), а также азоксистробин (Квадрис<sup>®</sup> КС, 25%), которые широко применяются для обработки семян и листьев различных культур, включая зерновые.

Обработка семян, опрыскивание растений, оценка эффективности применения фунгицидов вместе с тимолом против указанных выше фитопатогенов, а также анализ экспрессии генов, связанных с биосинтезом фузариотоксинов и их количественное определение методом ВЭЖХ проводились, как описано ранее (Shcherbakova et al., 2021).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В экспериментах *in vitro*, а также в опытах с обработкой семян ячменя и пшеницы, а также ее листьев обнаружено синергетическое усиление защитного действия вышеперечисленных фунгицидов при их совместном применении с тимолом против *B. sorokiniana*, *F. culmorum*, сопутствующих видов *Fusarium* и *Alternaria* (обработка семян), а также против *P. nodorum* (опрыскивание растений). Кроме того, показано, что тимол проявляет синергетический эффект с азоксистробином при ингибировании им прорастания спор *Fusarium* spp. и продемонстрирована возможность контроля мутантного штамма *P. nodorum*, устойчивого к тебуконазолу, путем совместного применения тимола с тебуконазолом.

Анализы продукции дезоксиниваленола (ДОН) и зеараленона (ЗЕН) у токсигенного *F. culmorum*, подвергнутого воздействию тимола, и профиля экспрессии ключевых генов, связанных с биосинтезом трихотеценовых или поликетидных микотоксинов показали, что тимол в сенсibiliзирующих концентрациях не стимулирует биосинтез ДОН и ЗЕН у данного патогена и, по последним данным, полученным совместно с коллегами из Нанкинского аграрного университета, может значительно подавлять у других видов фузариевых грибов продукцию ДОН, который чаще других фузариотоксинов накапливается в загрязненном ими зерне (Duan et al., 2020).

Исследования механизмов действия тимола свидетельствуют о том, что он воздействует на несколько клеточных и метаболических мишеней патогенных грибов. Тимол нарушает целостность клеточной стенки или мембраны и препятствует биосинтезу эргостерола (Ahmad et al., 2011; De Lira Mota et al.), а также, обладая свойствами окислительно-восстановительного соединения, вызывает образование активных форм кислорода и перекисное окисление липидов в клетках грибов (Gao et al., 2016; Shen et al., 2016). Он также способен вмешиваться в биосинтез метаболитов, участвующих в апоптозе клеток грибов, что может влиять на выживаемость этих фитопатогенов.

#### БЛАГОДАРНОСТИ

Исследования способности тимола усиливать фунгицидное действие тебуконазола и дифенконазола против фитопатогенных грибов при обработке семян или листьев злаковых были выполнены при финансовой поддержке РФФ (проект 18-16-00084). Авторы выражают свою благодарность за сотрудничество профессору Дуань Ябину (Duan Y.) и доктору Чжан Цзе (Zhang J.) из Нанкинского аграрного университета (КНР).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ahmad A., Khan A., Akhtar F., Yousuf S., Xess I., Khan L.A., Manzoor N. Fungicidal activity of thymol and carvacrol by disrupting ergosterol biosynthesis and membrane integrity against *Candida*. *Eur. J. Clin. Microbiol. Infect. Dis.*, 2011, 30, 41–50.
2. Dzhavakhiya V., Shcherbakova L., Semina Y., Zhemchuzhina N., Campbell B. Chemosensitization of plant pathogenic fungi to agricultural fungicides. *Front. Microbiol.*, 2012, 3: 87.
3. De Lira Mota K.S., de Oliveira Pereira F., de Oliveira W.A., Lima I.O., de Oliveira Lima E. Antifungal activity of *Thymus vulgaris* L. essential oil and its constituent phytochemicals against *Rhizopus oryzae*: interaction with ergosterol. *Molecules*, 2012, 7, 14418–14433.

4. Duan Y., Lu F., Zhou Z., Zhao H., Zhang J., Mao Y., Li M., Wang J., Zhou M. Quinone outside inhibitors affect DON biosynthesis, mitochondrial structure and toxosome formation in *Fusarium graminearum*. *Journal of Hazardous Materials*, 2020, 398: 122908.
5. Gao T., Zhou H., Zhou W., Hu L., Chen J., Shi Z. The fungicidal activity of thymol against *Fusarium graminearum* via inducing lipid peroxidation and disrupting ergosterol biosynthesis. *Molecules*, 2016, 21: 770.
6. Kartashov M.I., Shcherbakova L.A., Statsyuk N.V., Dzhavakhiya, V.G. Co-application of difenoconazole with thymol results in suppression of a *Parastagonospora nodorum* mutant strain resistant to this triazole. *KnE Life Sci.*, 2019, 4, 1097–1106.
7. Shcherbakova L., Mikityuk O., Arslanova L., Stakheev A., Erokhin D., Zavriev S., Dzhavakhiya V. Studying the ability of thymol to improve fungicidal effects of tebuconazole and difenoconazole against some plant pathogenic fungi in seed or foliar treatments. *Front. Microbiol.*, 2021, 12: 629429.
8. Shen Q., Zhou W., Li H., Hu L., Mo H. ROS involves the fungicidal actions of thymol against spores of *Aspergillus flavus* via the induction of nitric oxide. *PLoS One*, 2016, 11: e0155647.

## THE CHEMOSENSITIZING POTENTIAL OF THYMOL AND THE POSSIBLE MECHANISMS OF ITS ANTIPATHOGENIC EFFECTS

Shcherbakova L.A.<sup>1</sup>, Erokhin D.V.<sup>1</sup>, Stakheev A.A.<sup>2</sup>,  
Zavriev S.K.<sup>2</sup>, Dzhavakhiya V.G.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*All-Russian Research Institute of Phytopathology,  
Bolshie Vyazemy, Russia, larisavniif@yahoo.com*

<sup>2</sup>*Shemyakin and Ovchinnikov Institute of Bioorganic Chemistry, Moscow, Russia*

**Abstract:** Thymol is a secondary plant metabolite with antifungal and chemosensitizing activity. Our studies showed that treatments of cereal seeds and plants with various fungicide formulations and their active ingredients combined with thymol significantly reduces the effective dose of the fungicides allowing providing a sufficient plant protection against diseases caused by *Bipolaris sorokiniana*, *Parastagonospora nodorum*, and *Fusarium* spp. The mechanisms underlying the antifungal and sensitizing effects of thymol include its ability to disrupt the cell wall or membrane integrity of pathogens, inhibit the biosynthesis of ergosterol and fusariotoxins, and reduce the survival of fungal cells.

**Key words:** thymol, chemosensitization, crop protection, plant pathogenic fungi, fungicides.

# ЗАРАЖЁННОСТЬ КОЛОСЬЕВ ЯРОВОЙ ТВЁРДОЙ ПШЕНИЦЫ ГРИБАМИ РОДА *ALTERNARIA* В УСЛОВИЯХ ОМСКОГО ПРИИРТЫШЬЯ

Якунина Н.А.

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«Омский аграрный научный центр», г. Омск, Россия, e-mail: yakunina@anc55.ru

**Аннотация:** В статье представлены результаты исследований по определению видового состава грибов рода *Alternaria* на колосе яровой твёрдой пшеницы в условиях Омского Прииртышья. перед посевом провели фитоэкспертизу семян и определили видовой состав микробиоты на зерне. С помощью микроскопических исследований выявлено 5 видов гриба рода *Alternaria* с больных колосьев с признаками альтернариоза. Доминирующим видом является *A. alternata* с частотой встречаемости 45%. Так же с высокой частотой встречаются виды *A. tenuissima* (15%) и *A. infectoria* (17%). Впервые для южной лесостепи Омской области проведено определение видового состава патогенных грибов рода *Alternaria*. Полученные данные свидетельствуют о постоянном присутствии на колосе и зерне альтернариозных грибов, это обеспечивает непрерывное заражение колоса и зерна, на протяжении всего вегетационного периода.

**Ключевые слова:** *A. alternata*, *A. tenuissima*, *A. infectoria*, заражённость колоса, патогенные грибы.

## ВВЕДЕНИЕ

Виды рода *Alternaria spp.* являются сапротрофами и паразитами с некротрофным типом питания (факультативные паразиты и факультативные сапротрофы) [Ганнибал, 2011]. Заражение семян и колосьев этими патогенными грибами встречается повсеместно. Как известно, через семена передаётся более 60% различных болезней. Посев заражённых семян приводит к передаче и распространению болезней, тем самым создавая и поддерживая очаги инфекции в полевых условиях. На зерне присутствует большое количество микроорганизмов, которые выживают и сосуществуют в различных экологических условиях. По данным многих авторов (Орина А.С., 2020; Ганнибал Ф.Б., 2011), на зерне и колосе всех зерновых культур доминируют грибы рода *Alternaria*, так же встречаются многие виды рода *Fusarium spp.*, *Cladosporium spp.*, *Penicillium spp.* и *B. sorokiniana*. На интенсивность поражения зерна и колоса пшеницы патогенными грибами рода *Alternaria* влияют условия внешней среды, прежде всего температура, влажность воздуха, количество осадков выпавших в период заражения и распространения возбудителя. Сортные особенности пшеницы практически не влияют на заражённость зерна видами *Alternaria* [Ганнибал, 2014]. На колосе

симптомы проявляются в конце вегетации в виде тёмного налёта мицелия и спороношения гриба на колосковых чешуях.

Цель работы – оценить заражённость яровой твёрдой пшеницы грибами рода *Alternaria* в полевых условиях и определить видовой состав патогена на колосе.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работа выполнена в 2025 г. на базе ФГБНУ «Омский АНЦ» лаборатории иммунитета растений. Объектом исследования были сорта яровой твёрдой пшеницы, посевной материал предоставлен лабораторией селекции твёрдой пшеницы ФГБНУ «Омский АНЦ». Посев осуществлён 29 апреля по паровому предшественнику с предварительной фитоэкспертизой семян.

Оценивали поражение сортов грибами рода альтернария по шкале учёта процента поражённой площади поверхности колоса:

5 баллов – поражение отсутствует – 0%;

4 балла – возможно лёгкое поражение колоса, поражение в виде побурения чешуй отдельных колосков или зерновок, поражение рассеяно по всему колосу поражение локально, но небольшое по площади – до 10%;

3 балла – поражение среднее в виде побурения отдельных колосков или частей колоса, поражение половины колоса – 11–25%;

2 балла – поражение до 2/3 колоса – 26–50%;

1 балл – поражение почти всего колоса – 51–75%;

0 баллов – поражён весь колос – выше 75% [Радченко Е.Е., 2008].

Для определения видового состава отбирали по 10 колосьев каждого сорта в фазу восковой спелости зерна. Для микробиологического анализа поражённые колосья помещали в чашки Петри на фильтровальную бумагу и инкубировали при температуре около +25 °С. Через 3 суток проводили пересев появившегося мицелия на картофельно – глюкозный агар [Ганнибал Ф.Б., 2001]. Идентификацию микромицетов проводили на 12–14 сутки путём прямого микроскопирования с помощью микроскопа TS-2000 с увеличением  $\times 40$ . Для определения видового состава возбудителя использовали общепринятые методики и справочную литературу.

За период с апреля по август 2025 года количество выпавших осадков превышало среднемноголетние данные. Только за июль выпало 131 мм осадков, что составило 202% от среднемноголетних значений, это указывает на избыточное увлажнение в период роста и развитие растений. Эти же условия способствовали активному росту патогенной микрофлоры на пшенице.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По результатам проведённой фитоэкспертизы семян яровой твердой пшеницы доминирующим представителем микробиоты были грибы рода *Alternaria spp.*, максимальный процент поражения составил 57% (сорт Ангел), минимальный – 32% у сорта Жемчужина Сибири, в среднем этот показатель составил 41%. Доля других видов грибов составила 53%, в том числе рода – *Fusarium spp.* – 16%, *Cladosporium spp.* – 6%, *Penicillium* – 9%, *Mucor* – 12% и вид *B. sorokiniana* – 10% присутствовала и бактериальная инфекция – 6%.

В результате проведённой визуальной оценки сортов яровой твердой пшеницы, выявлено поражение колосьев грибными патогенами рода *Alternaria*, максимальный процент поражения колосьев – 76 (сорт Ангел), минимальный – 30% (Омский коралл). В среднем процент поражения по 10 исследуемым сортам составил – 58,1 (рис. 1). В наших исследованиях достоверное влияние на поражение колосьев грибами рода *Alternaria spp.* оказывает заражённость ими семян ( $r = 0,61$ ).

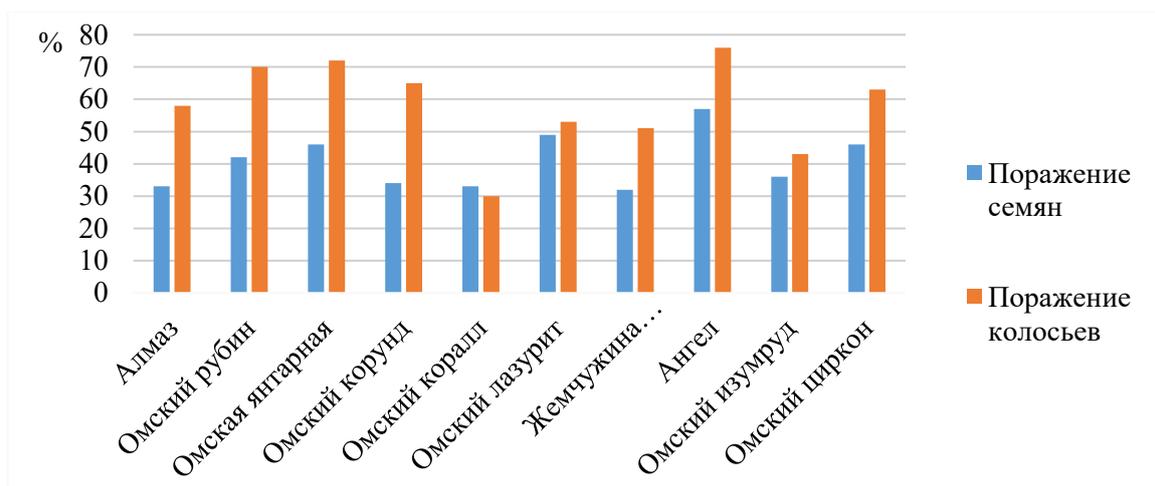


Рис. 1. Заражённость зерна и колоса фитопатогенными грибами рода *Alternaria*, %

Определение видового состава с использованием микробиологического анализа показало, что доминирующим представителем микробиоты колоса были грибы вида *A. alternata* и *A. tenuissima*, так же выявлены виды – *A. infectori*, *A. cheiranthi* и *A. armoraciae*.

Вид *A. alternata* – колонии быстрорастущие, серые, тёмно-серые, чёрные, мелкие, обратно булабовидные и яйцевидные, окрас серо-коричневый или оливково-коричневый, поперечных перегородок 3–7, а продольных 1–2 в 1 или нескольких сегментах. Конидии чаще всего в длинных простых или ветвящихся цепочках [3] (рис 2).

**Видовой состав грибов рода *Alternaria* выделенных  
на колосе яровой твёрдой пшеницы (2025 г.)**

Вид	Частота выявления, %	Максимальная заражённость, %
<i>A. alternata</i>	100	72
<i>A. tenuissima</i>	90	37
<i>A. infectoria</i>	39	19
<i>A. cheiranthi</i>	15	10
<i>A. armoraciae</i>	3	1



Рис. 2. Комплекс видов '*Alternaria alternata*': конидии на среде Чапека.  
Масштабная линейка соответствует 50 мкм, фото автора

Вид *A. infectoria* – конидии эллипсоидные, яйцевидные, булабовидные светло-коричневые, имеющие вторичный конидиеносец, достигающий 20–60 мкм. Конидии формируют ветвящиеся цепочки разной длины, напоминающие кустики [3] (рис. 3).

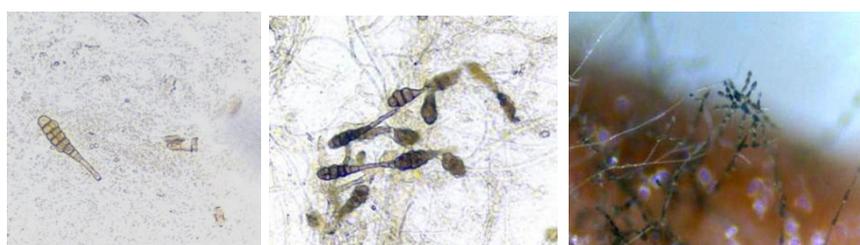


Рис. 3. Комплекс видов *Alternaria infectoria*: конидии на среде Чапека.  
Масштабная линейка соответствует 50 мкм, фото автора

## ВЫВОДЫ

Таким образом, по результатам проведённых исследований в 2025 г. показана значительная заражённость колоса патогенными грибами рода *Alternaria*, в микробиоте доминировали виды – *A. alternata* и *A. tenuissima*. Это связано с благоприятными гидротермическими условиями в течение вегетации растений, генетическими особенностями сорта растения-хозяина, а также величиной инфицированности семян. Установлено достоверное влияние ( $r = 0,61$ ) инфицированности семян на поражение колосьев патогенными грибами.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ганнибал Ф.Б. Мониторинг альтернариозов сельскохозяйственных культур и идентификация грибов рода *Alternaria*. Методическое пособие. Под. Ред. М.М. Левитина. СПб.: ГНУ ВИЗР Россельхозакадемии, 2001. 70 с.
2. Радченко Е.Е. Изучение генетических ресурсов зерновых культур по устойчивости к вредным организмам: методическое пособие / Е.Е. Радченко, В.И. Кривченко, О.В. Солодухина [и др.]; Российская академия сельскохозяйственных наук, Государственный научный центр Российской Федерации Всероссийский научно-исследовательский институт растениеводства им. Н.И. Вавилова. – Москва: Российская академия сельскохозяйственных наук, 2008. – 416 с.
3. Ганнибал Ф.Б. Мониторинг альтернариозов сельскохозяйственных культур и идентификация грибов рода *Alternaria* / Ф.Б. Ганнибал. – Санкт-Петербург: Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений РАСХН, 2011. – 70 с. – EDN UBVHJV.
4. Микромицеты *Alternaria* spp. и *Bipolaris sororiniana* и микотоксины в зерне, выращенном в Уральском Федеральном округе / А.С. Орина, О.П. Гаврилова, Т.Ю. Гагкаева и др. // Микология и фитопатология. 2020.Т. 54. № 5. С. 365–377. doi: 10.31857/S0026364820050086.

## INFECTION OF SPRING DURUM WHEAT EARS WITH FUNGI OF THE GENUS ALTERNARIA IN THE CONDITIONS OF THE OMSK IRTYSH REGION

Yakunina N.A.

*Federal State Budgetary Scientific Institution Omsk Agrarian Scientific Center,  
Omsk, Russia, e-mail: yakunina@anc55.ru*

**Abstract:** The article presents the results of studies on the species composition of fungi of the genus *Alternaria* on the spike of spring durum wheat in the conditions of the southern forest-steppe of the Omsk Region. Before sowing, the seeds were phytologically examined and the species composition of the microbiota on the grain was determined. Five species of fungi of the genus *Alternaria* were identified using microscopic studies from diseased spikes with signs of alternariosis. The dominant species is *A. alternata*, with a frequency of occurrence of 45%. *A. tenuissima* (15%) and *A. infectoria* (17%) are also found with high frequency. For the first time, the species composition of pathogenic fungi of the genus *Alternaria* was determined for the southern forest-steppe of the Omsk Region. The obtained data indicate the constant presence of *Alternaria* fungi on the spike and grain, which ensures continuous infection of the spike and grain throughout the entire growing season.

**Key words:** *A. alternate*, *A. tenuissima*, *A. infectoria*, infection of the spike and grain, pathogenic fungi.