

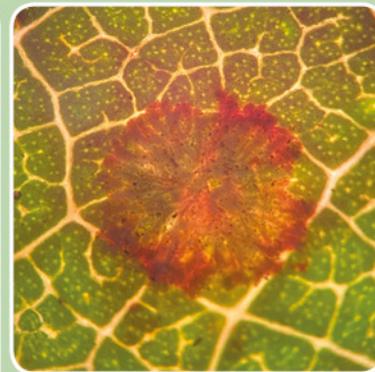


ISSN 1727-1320 (Print),
ISSN 2308-6459 (Online)

ВЕСТНИК ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

PLANT PROTECTION NEWS

2025 ТОМ 108 ВЫПУСК 1
 VOLUME ISSUE



Санкт-Петербург
St. Petersburg, Russia

Для оформления обложки использованы фотографии паразитической водоросли *Cephaleuros virescens* на листьях авокадо из статьи М.А. Балендрес, Р.Дж. Лапира (стр. 50–52) [ориг.]

For the cover design, pictures of parasitic algae *Cephaleuros virescens* causing infection on avocado leaves from M.A. Balendres, R.J. Lapira (pp. 50–52) were used [orig.]

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
“Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений”
(ФГБНУ ВИЗР)

All-Russian Institute of Plant Protection

ISSN 1727-1320 (Print),
ISSN 2308-6459 (Online)

В Е С Т Н И К
ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

PLANT PROTECTION NEWS

2025 ТОМ **108** ВЫПУСК **1**
VOLUME ISSUE

Санкт-Петербург
St. Petersburg, Russia
2025

ВЕСТНИК ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

Научно-теоретический рецензируемый журнал

Основан в 1939 г.

Издание возобновлено в 1999 г.

Учредитель: Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений (ВИЗР)

Зарегистрирован в ГК РФ по печати № 017839 от 03 июля 1998 г.

Главный редактор: В.А. Павлюшин

Зам. гл. редактора: И.А. Белоусов, Ю.С. Токарев

Ответственный секретарь: А.Г. Конончук

Технический секретарь: С.Г. Удалов

Редакторы англоязычных текстов: Белоусов И.А., Токарев Ю.С.

Журнал «Вестник защиты растений» (ISSN: 1727-1320) включен в «Перечень изданий ВАК РФ» по следующим научным специальностям и отраслям науки:

1.5.14 – Энтомология (биологические науки),

1.5.18 – Микология (биологические и сельскохозяйственные науки),

4.1.1 – Общее земледелие. Растениеводство (биологические и сельскохозяйственные науки),

4.1.2 – Селекция, семеноводство и биотехнология растений (биологические и сельскохозяйственные науки),

4.1.3 – Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений (биологические и сельскохозяйственные науки)

Индексируется в RSCI & Scopus

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Афанасенко О.С., дбн, академик РАН, ВИЗР

Белоусов И.А., кбн, ВИЗР

Белякова Н.А., кбн, ВИЗР

Власов Д.Ю., дбн, СПбГУ

Ганнибал Ф.Б., кбн, ВИЗР

Гричанов И.Я., дбн, ВИЗР

Дзянь Синьфу, профессор, КНР

Долженко В.И., дсxn, академик РАН, ВИЗР

Егоров Е.А., дэн, академик РАН, СКФНЦСиВ

Игнатов А.Н., дбн, РУДН

Косман Е., профессор, Израиль

Каракотов С.Д., дхн, академик РАН,

 ЗАО “Щелково Агрохим”

Краснов Ч., PhD, Израиль

Кюссон М., PhD, Канада

Лаврищев А.В., дсxn, СПбГАУ

Лаптиева А.Б., дбн, ООО “ИЦЗР”

Лунева Н.Н., дбн, ВИЗР

Лысов А.К., ктн, ВИЗР

Мавроди Д., профессор, США

Мехрабади М., PhD, Иран

Намятова А.А., кбн, ЗИН

Новикова И.И., дбн, ВИЗР

Павлюшин В.А., дбн, академик РАН, ВИЗР

Радченко Е.Е., дбн, ВИР

Савченко И.В., дбн, академик РАН, ВИЛАР

Санин С.С., дбн, академик РАН, ВНИИФ

Сидельников Н.И., дсxn, академик РАН, ВИЛАР

Синев С.Ю., дбн, ЗИН

Соколова Ю.Я., дбн, США

Сорока С.В., дсxn, профессор, Белоруссия

Сухорученко Г.И., дсxn, ВИЗР

Ули-Маттила Т., профессор, Финляндия

Токарев Ю.С., дбн, ВИЗР

Упадышев М.Т., дбн, член-корреспондент РАН,

 РГАУ-МСХА

Фролов А.Н., дбн, ВИЗР

Хлесткина Е.К., дбн, ВИР

Шамшев И.В., кбн, ЗИН

Шпанев А.М., дбн, АФИ

Ответственные редакторы выпуска:

Белоусов И.А., Власов Д.Ю., Ганнибал Ф.Б., Лунева Н.Н., Новикова И.И., Токарев Ю.С., Шпанев А.М.

Россия, 196608, Санкт-Петербург – Пушкин, шоссе Подбельского, 3, ВИЗР

Email: vestnik@vizr.spb.ru

<https://plantprotect.ru>



Содержимое данного выпуска распространяется на условиях Creative Commons Attribution License 4.0 (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

СОДЕРЖАНИЕ / CONTENT

Полнотекстовые статьи / Full-text articles**Эффективность комплексов Новохизоля при защите посевов яровой пшеницы в лесостепи Приобья**

С.В. Бурлакова, М.Т. Егорычева, П.И. Кудашкин, В.В. Фоменко, А.Б. Щербань, Н.Ф. Салахутдинов

Effectiveness of processing spring wheat crops with Novochizol complexes

S.V. Burlakova, M.T. Egorycheva, P.I. Kudashkin, V.V. Fomenko,

A.B. Shcherban, N.F. Salakhutdinov 4

Эффективность пеларгоновой кислоты на землях, не предназначенных под посев сельскохозяйственных культур

А.С. Ткач, А.С. Голубев, П.И. Борушко, С.И. Редюк, В.Г. Чернуха

Efficacy of pelargonic acid on non-cropped lands

A.S. Tkach, A.S. Golubev, P.I. Borushko, S.I. Redyuk, V.G. Chernukha 13

Краткие сообщения / Short Communications**Первое обнаружение гриба *Allophoma zantedeschiae* на мари белой *Chenopodium album* в России**

М.М. Гомжина, Е.Л. Гасич

First report of the fungus *Allophoma zantedeschiae* on the white goosefoot *Chenopodium album* in Russia

M.M. Gomzhina, E.L. Gasich 23

Испытания гриба *Akanthomyces muscarius* (Ascomycota: Нурocreales) против паутинного клеща на лотосе в условиях высоких температур

Г.В. Митина, А.А. Чоглокова, М.А. Черепанова, Е.А. Варфоломеева

Testing of the fungus *Akanthomyces muscarius* (Ascomycota: Нурocreales) against the spider mite on lotus under high temperature conditions

G.V. Mitina, A.A. Chogloкова, M.A. Cherepanova, E.A. Varfolomeeva 29

Full-text articles / Полнотекстовые статьи**Impact of weed management strategies on their growth, community composition, and yield of wet direct-seeded rice under alternate wetting and drying irrigation**

М.К.А. Bhuiyan, S.U. Bhuiya, M.A. Saleque, A. Khatun

Влияние стратегий борьбы с сорными растениями на их рост и состав сообщества, а также урожайность влажного риса прямого посева при попеременном увлажнении и осушении

M.K.A. Буйян, С.У. Буйя, М.А. Салек, А. Хатун 35

Short Communications / Краткие сообщения**First report of the natural infection of *Cephaleuros virescens* causing algal spot on avocado leaves in the Philippines**

М.А. Balendres, R.J. Lapira

Первая находка паразитической водоросли *Cephaleuros virescens* как возбудителя пятнистости листьев авокадо на Филиппинах

M.A. Балендрес, Р.Дж. Лапира 50

Хроника / Chronicle**Военные и послевоенные годы Всесоюзного (ныне Всероссийского) института защиты растений**

Wartime and past-wartime years of All-Soviet (Now All-Russian) Institute of Plant Protection 53

«Вестник защиты растений» в базе данных Scopus

«Plant Protection News» in Scopus database 56

ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОМПЛЕКСОВ НОВОХИЗОЛЯ ПРИ ЗАЩИТЕ ПОСЕВОВ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В ЛЕСОСТЕПИ ПРИОБЬЯ

С.В. Бурлакова^{1*}, М.Т. Егорычева¹, П.И. Кудашкин¹, В.В. Фоменко²,
А.Б. Щербань³, Н.Ф. Салахутдинов²

¹Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН, Новосибирская обл., Краснообск

²Новосибирский институт органической химии Сибирского отделения РАН, Новосибирск

³Новосибирский институт цитологии и генетики Сибирского отделения РАН, Новосибирск

*ответственный за переписку, e-mail: clairburl@gmail.com

В работе представлены данные по эффективности двукратной обработки посевов яровой пшеницы комплексами Новохизоля, содержащими ионы меди [Новохизол + Cu²⁺] или ионы меди вместе с Хитозаном [Новохизол + Cu²⁺ + Хитозан]. Полевые опыты проводили на черноземе выщелоченном лесостепи Приобья Новосибирской области. В условиях недостатка влаги в 2022–2023 гг. при умеренном развитии септориоза обработка посевов обоими комплексами была малоэффективна. При высоком уровне развития болезни эффективность комплекса [Новохизол + Cu²⁺] достигала 46%, что в 1.5 раза ниже эффекта защиты посевов с использованием химического стандартного фунгицида Титул Дуо. Изучаемые комплексы практически не проявляли защитный эффект в отношении мучнистой росы даже при высоком ее развитии, тогда как Титул Дуо снижал развитие болезни на 85%. Обработка посевов комплексами Новохизоля оказала ростостимулирующее влияние на растения пшеницы. Так, накопление биомассы выросло в 1.3–1.5 раза, увеличилась высота растений (на 15–16%), площадь флагалиста (на 16–17%), продуктивная кустистость (на 3–9%), улучшились показатели структуры колоса (на 17–30%). Обработка посевов комплексами [Новохизол + Cu²⁺] или [Новохизол + Cu²⁺ + Хитозан] позволила сформировать дополнительный урожай на уровне 0.3 т/га, при использовании Титул Дуо эта величина составила 0.4 т/га.

Ключевые слова: болезни яровой пшеницы, комплексы Новохизоля, биологическая эффективность, обработка посевов, площадь листьев, структура колоса, урожайность

Поступила в редакцию: 11.11.2024

Принята к печати: 21.03.2025

Введение

Важными задачами сельскохозяйственного производства в настоящее время являются получение высокой урожайности зерновых, поддержание на достаточном уровне фитосанитарного состояния посевов, получение экологически чистой зерновой продукции с сохранением плодородия почв сельскохозяйственного назначения. Большой урон сельскому хозяйству наносят заболевания, вызываемые различными патогенами: бактериями, грибами, вирусами. В борьбе с эуфитотиями в основном применяются химические средства защиты, оказывающие негативное действие на окружающую среду. В этой связи востребованы агротехнологии с использованием метода индуцированной устойчивости к возбудителям болезней, основанного на активации врожденных защитных механизмов растений. Создаваемые на указанном принципе индукторы болезнестойкости растений (элиситоры) на основе природных полимеров представляют особый интерес. При их совместном использовании с химическими средствами защиты растений эффективность борьбы с инфекционными заболеваниями достигается благодаря молекулярным свойствам полимера и за счет снижения дозировки последних. Это особенно важно в случае фунгицидов (Попова и др., 2021; Malerba et al., 2016; Katiyar et al., 2015).

В последние годы разработаны индукторы болезнестойкости на основе хитозана – препараты нарцисс, фитохит, агрохит, солихит, хитозар. Хитозан является природным полисахаридом, состоящим из звеньев D–глюкозамина и N–ацетил–D–глюкозамина, связанных между собой 1,4–гликозидными связями. Его получают посредством деацетилирования хитина из экзоскелета ракообразных и насекомых, а также из клеточной стенки грибов. Биофунгицидное действие хитозана обусловлено его способностью влиять на рост мицелия, спорообразование, морфологию и молекулярную организацию грибов. Механизм антигрибного действия хитозана связывают с электростатическим взаимодействием свободных аминогрупп хитозана с отрицательно заряженными фосфолипидами клеток грибов, что приводит к нарушению целостности клеточной стенки и выходу из клеток цитоплазматического содержимого и далее к их гибели. Биологическая активность хитозана как индуктора болезнестойкости основана на активации многочисленных защитных реакций растений в ответ на инфицирование фитопатогенами, включая: образование фитоалексинов, антимикробных белков, связанных с патогенезом (PR–белков), хитиназы и β–1,3–глюканазы, ингибиторов протеиназы, активных форм кислорода, продукцию многих вторичных фунгистатических метаболитов и т.д.

© Бурлакова С.В., Егорычева М.Т., Кудашкин П.И., Фоменко В.В., Щербань А.Б., Салахутдинов Н. Ф.

Статья открытого доступа, публикуемая Всероссийским институтом защиты растений (Санкт-Петербург)

и распространяемая на условиях Creative Commons Attribution License 4.0 (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Согласно литературным данным, препараты на основе хитозана широко используются в растениеводстве в качестве стимуляторов роста и для повышения устойчивости к абиотическим стрессам – засухе, излишней влаге, заморозкам, и т.п. (Antico et al, 2012; Qi et al, 2016; Deshaies et al., 2022; Kocięcka et al., 2021; Gao et al, 2018; Gauthier et al., 2015). Так, в засушливых условиях обработка хитозаном увеличивала содержание хлорофилла в листьях пшеницы на 31–41%, высоту растений – на 4.3–7.7%, количество стеблей – на 11.7–26.5%, количество колосков – на 8.0–12.7%, массу колоса – на 0.4–17.0%, массу 1000 зерен – на 7.6–18.2%, урожайность возрастала на 5.0–31.0% соответственно. Неоднократно показано, что хитозан в виде комплексов с другими биологически активными веществами оказывает положительное влияние на рост и развитие растений (Колесников и др., 2019; Верещагин и др., 2011; Lee et al., 1999; Bittelli et al., 2001; Saad et al., 2022; Stasinska-Jakubas et al., 2022).

В отличие от линейного полимера хитозана, имеющего большую молекулярную массу ($MW=500\text{ kDa}$) и образующего растворы в кислых средах, Новохизол представляет собой сшитые внутримолекулярными поперечными связями молекулы-глобулы, имеющие сферическую форму (наночастицы). Новохизол обладает рядом преимуществ перед хитозаном: повышенную химическую стабильность и адгезию (www.novochizol.ch). Благодаря своей структуре Новохизол может эффективно удерживать в составе различные активные вещества, фунгициды, с регулируемой скоростью высвобождать их, что обеспечивает значительное уменьшение концентраций последних и, соответственно, снижение их негативного влияния на экосистемы и человека (Щербань, 2023).

Обработка Новохизолом стимулирует прорастание семян в почве и способствует увеличению, как корневой биомассы, так и общей биомассы растений яровой пшеницы (Terlyakova et al., 2022). Установлено, что при обработке яровой пшеницы водным раствором Новохизоля биологическая эффективность против фузариоза зерна была на уровне 37–39%, при этом активнее подавлялось прорастание спор, чем рост гиф грибов (Hassan et al., 2021; Bautista-Banos et al., 2006; Kheiri et al., 2016; Palazzini et

al., 2022). Рядом авторов отмечено, что хитозан проявляет более высокую ингибирующую активность на грибы рода фузариум и альтернария, также на лигнификацию их клеточных стенок (Shivam et al., 2019; Hassan et al., 2021; Etzerodt et al, 2016). Было показано, что у растений, предварительно обработанных Новохизолом в концентрации 0.125% с последующим заражением возбудителем стеблевой ржавчины, происходит два пика – первый связан с накоплением супероксид-аниона O_2^- , который под действием фермента СОД (супероксиддисмутаза) превращается в кислород и перекись водорода. Второй пик связан с накоплением H_2O_2 . Перекись водорода выполняет защитную функцию, приводящую к гибели мицелиальных клеток патогена. В инфицированных растениях происходит модуляция активности основных ферментов антиоксидантной системы, а также повышается уровень фенольных соединений, в результате чего повышается устойчивость растений к патогену (Shcherban et al., 2024).

Также немаловажным является вопрос стоимости возможного препарата. Исходный хитозан дешевле Новохизоля, поэтому разбавление композиции Новохизоля с медью с помощью хитозана без её разрушения (выпадения осадков, коагуляции) представляется перспективным для удешевления препарата без потери его стабильности. Содержание ионов меди в препарате невелико по сравнению с обычными средствами защиты растений. Тем не менее, медь вызывает коагуляцию обычного хитозана и такой препарат невозможно наносить методом распыления. Новохизол обеспечивает получение стабильного медьсодержащего препарата. Показано, что соотношение 1:1 Новохизоля к хитозану не оказывает разрушающее воздействие на комплекс (www.novochizol.ch). Представляет большой интерес изучение данного состава в настоящей работе с целью расширения спектра ростостимулирующего воздействия и в качестве более эффективного средства защиты от патогенов. Настоящее исследование имеет целью оценить эффективность применения комплексов Новохизоля с ионами меди и хитозаном для улучшения фитосанитарного состояния посевов и повышения продуктивности яровой пшеницы в условиях лесостепи Западной Сибири.

Методика и условия проведения исследований

Для приготовления Новохизоля в лабораторных условиях использовались: хитозан производства ChitoClear® cgl600 Product Code 42040 (Исландия), выделенный из экзоскелета креветки *Pandalus borealis*, и модифицированный хитозан – Новохизол, который в виде основания был предоставлен NOVOCHIZOL SA, Monthey, Switzerland (www.novochizol.ch). Степень деацетилирования Новохизоля не менее 90%, $MW\ 500\text{ kDa}$. В водный раствор янтарной кислоты (1000 мг на 100 мл воды) добавляли полимер хитозан (2000 мг на 100 мл раствора янтарной кислоты), что приводило к образованию солей хитозана (сукцинатов) и выпадению их в осадок. Полученную композицию обрабатывали ультразвуком в течение часа на полной мощности на аппарате УЗТА–0,4/22–ОМ производства ООО «Центр ультразвуковых технологий» (г. Бийск, www.u-sonic.com). С целью компенсации потерь на испарение в процессе ультразвуковой обработки доводили объем до начального дистиллированной водой, в

результате чего получали 2%-ную дисперсию Новохизоля. Раствор хитозана ChitoClear® готовили аналогичным образом. Комплекс Новохизоля с ионами меди [Новохизол + Cu^{2+}] изготавливали путём введения при УЗ обработке в дисперсию Новохизоля (см. выше) соответствующего количества водного раствора хлорида меди с концентрацией по иону меди 69.7 мг/мл. После смешивания и компенсации испарившейся воды получали требуемый образец. Комплекс с добавлением хитозана получали путём введения [Новохизол + Cu^{2+}] при ультразвуковой обработке в раствор хитозана с последующим доведением объёма до требуемого дистиллированной водой. Важно добавлять уже компоненты Новохизол и медь к хитозану, а не наоборот во избежание нежелательной коагуляции препарата. Также следует отметить невозможность первоочередного смешения хитозана с хлоридом меди, поскольку при этом происходит коагуляция и выпадение из раствора компактного осадка в виде соли хлористой меди. Разбавление всех

экспериментальных образцов производилось непосредственно перед проведением экспериментов.

Исследования проводили в 2022–2023 гг. на опытном поле СФНЦА РАН в Новосибирской области в ОПХ «Элитное». Климатические условия типичны для лесостепной зоны Западной Сибири. Почва опытного участка – среднемошный выщелоченный чернозем среднесуглинистого гранулометрического состава, с содержанием гумуса в слое 0–30 см 4.4%.

Метеоданные вегетационного периода 2022 года характеризовались недостатком осадков и повышенными температурами (табл. 1). Всего за вегетационный период выпало 114 мм осадков, что меньше нормы в 2 раза. Условия года способствовали умеренному развитию септориоза и высокому – мучнистой росы. Вегетационный период 2023 г. характеризовался повышенной теплообеспеченностью и недостаточной увлажненностью. Сумма осадков за вегетационный период с мая по август составила 204 мм, что ниже нормы на 28 мм, температуры воздуха в мае

– июле были выше нормы, в августе – ниже нормы. Выпадение осадков в августе выше нормы в два раза в сочетании с благоприятными условиями температуры воздуха спровоцировали высокое развитие септориоза во второй половине вегетации пшеницы.

Оценку эффективности применения изучаемых комплексов проводили на яровой пшенице сорта Новосибирская 31 (среднеранний, вегетационный период 72–95 дней, устойчив к полеганию, средnezасухоустойчив, умеренно восприимчив к бурой ржавчине и септориозу, сильновосприимчив к пыльной головне {Тюменская 80 x [(Целинная 20 x АНК-102) x АНК-102]} x Sport). Однофакторный полевой опыт размещали по паровому предшественнику. Основную обработку осенью проводили стойками СИБИМЭ на 20–22 см, весной – закрытие влаги боронами БЗС–1, предпосевную обработку – культиватором «Степняк» на глубину заделки семян. Посев осуществляли 20 и 23 мая сеялкой СЗС–2,1 с анкерными сошниками с одновременным внесением удобрений в виде аммиачной селитры из

Таблица 1. Метеоданные вегетационного периода 2022–2023 гг.
(Гидрометеостанция «Огурцово» Новосибирского района, Новосибирской области)

Месяц	Декада	Температура воздуха, °С			Осадки, мм		
		2022	2023	ср. многол.	2022	2023	ср. многол.
Май	1	9.1	10.6	7.7	1.5	1.0	11.0
	2	17.9	9.6	10.0	0	3.0	12.0
	3	19.0	15.2	13.2	1.0	1.5	13.0
	средние/сумма	15.4/	11.9/	10.3/	/2.5	/5.5	/36.0
Июнь	1	12.0	23.3	15.4	16.0	5.0	13.0
	2	19.5	17.7	16.7	21.0	0.4	20.0
	3	20.2	16.0	18.1	22.0	21.0	25.0
	средние/сумма	17.2/	19.0/	16.7/	/59.0	/26.0	/58.0
Июль	1	18.5	21.0	19.1	7.4	13.0	19.0
	2	18.1	23.0	18.9	1.0	15.0	26.0
	3	20.1	20.5	18.9	20.0	32.0	27.0
	средние/сумма	18.9/	21.6/	19.0/	/29.0	/60.0	/72.0
Август	1	18.8	20.8	17.9	3.7	0.8	24.0
	2	15.2	14.8	16.0	14.0	67.0	20.0
	3	15.7	17.5	13.5	5.5	45.0	22.0
	средние/сумма	16.5/	17.7/	15.8/	/23	/112	/66.0

Table 1. Meteorological data of 2023–2024 vegetation period
(hydrometeorological station «Ogurtsovo», Novosibirsk Region, Novosibirsk Province)

Month	Decade	Air temperature, °C			Precipitation, mm		
		2022	2023	Mean perennial	2022	2023	Mean perennial
May	1	9.1	10.6	7.7	1.5	1.0	11.0
	2	17.9	9.6	10.0	0	3.0	12.0
	3	19.0	15.2	13.2	1.0	1.5	13.0
	mean/sum	15.4/	11.9/	10.3/	/2.5	/5.5	/36.0
June	1	12.0	23.3	15.4	16.0	5.0	13.0
	2	19.5	17.7	16.7	21.0	0.4	20.0
	3	20.2	16.0	18.1	22.0	21.0	25.0
	mean/sum	17.2/	19.0/	16.7/	/59.0	/26.0	/58.0
July	1	18.5	21.0	19.1	7.4	13.0	19.0
	2	18.1	23.0	18.9	1.0	15.0	26.0
	3	20.1	20.5	18.9	20.0	32.0	27.0
	mean/sum	18.9/	21.6/	19.0/	/29.0	/60.0	/72.0
August	1	18.8	20.8	17.9	3.7	0.8	24.0
	2	15.2	14.8	16.0	14.0	67.0	20.0
	3	15.7	17.5	13.5	5.5	45.0	22.0
	mean/sum	16.5/	17.7/	15.8/	/23	/112	/66.0

расчета азота 60 кг д.в./га. В годы исследований для выявления эффекта приема обработки посевов использовали естественно зараженные семена (без протравливания), норма высева семян – 6 млн. всхожих зерен на га.

Изучали эффективность опрыскивания посевов комплексами Новохизоля в период вегетации пшеницы, варианты опыта включали:

1. Контроль (без обработки);
2. 2% Новохизол, ВР (0.83 мг/мл) + Cu^{2+} (0.69 мг/мл), водный раствор, (норма разведения 20:1000), 4 л/га;
3. 2% Новохизол, ВР (0.2 мг/мл) + Cu^{2+} (0.69 мг/мл) + Хитозан (0.63 мг/мл), водный раствор (норма разведения 20:1000), 4 л/га;
4. Титул Дуо, концентрат коллоидного раствора, химический стандарт (пропиконазол (200 г/л) + тебуконазол (200 г/л), 0.4 л/га.

Варианты располагали последовательно в один ярус в 3-кратной повторности, площадь делянок – 14.7 м² (2.1 м x 7 м) – 2022 г. и 16.8 м² (2.1 м x 8 м) – 2023 г. Посевы обрабатывали в 2022 и 2023 гг. Новохизолями двукратно – в фазе кущения (15 и 19 июня – ф. 26–27) и колошения (7 и 10 июля – ф. 48). Фунгицид Титул Дуо применяли в фазе колошения (8 и 10 июля – ф. 48–49). Обработку делянок Новохизолом, ВР (4л/га) проводили вручную ранцевым опрыскивателем марки «Glogia 141 Т» (5 л), расход рабочего раствора 200 л/га. В период вегетации против злаковых и двудольных сорняков проводили сплошную обработку баковой смесью гербицидов Унико, ККР (1.0 л/га) + Аксиал, КЭ (1.0 л/га) + Це Це Це 750, ВК (1.5 л/га). Норма применения рабочей жидкости – 270 л/га.

В фазе цветения (ф. 55–56) проводили определение на 100 растениях высоты растений, надземной и корневой воздушно-сухой биомассы, общей и продуктивной кустистости. Площадь флаговых листьев (n=100) учитывали путем промера длины и ширины с пересчетом на коэффициент для зерновых культур – 0.68 (Никитенко, 1982).

Результаты исследований

Фитоэкспертиза семян по методу рулонов выявила зараженность семян контрольной пробы гелиминтоспориозно-фузариозной инфекцией, в 2022 и 2023 гг. она составила 18.0 и 1.4%, развитие плесневой инфекции (*Alternaria* spp., *Penicillium* spp.) – 24.7 и 16.0%, т.е. было превышение допустимого уровня зараженности в 2022 г. (табл. 2). Развитие бактериоза составило по годам 17.0 и 28.6%, превышение отмечали в 2023 г.

Двукратная обработка посевов комплексами Новохизоля оказывала защитное воздействие в отношении листовых болезней пшеницы. В среднем за два года развитие септориоза составило 6.7% в контроле; [Новохизол + Cu^{2+}] и [Новохизол + Cu^{2+} + Хитозан] сдерживали его на 3-м ярусе листьев в фазе цветения пшеницы на 67.2% и 83.6%, распространенность снижалась в варианте с добавлением Хитозана незначительно – на 8% относительно контроля (табл. 3). В фазе молочной спелости пшеницы пораженность флаг-листьев септориозом в среднем достигала умеренной степени развития – 14%, распространенность снижалась в опыте незначительно – на 1–14%. Эффективность обработки посевов комплексами Новохизоля с ионами меди и с добавлением Хитозана составила 28.6%

Оценку пораженности посевов листостеблевыми инфекциями (септориоз, мучнистая роса – *Parastagonospora nodorum* (Berk.) Quaedvl., Verkley & Crous, *Septoria tritici* (Rob. Et Desm.), *Blumeria graminis* (DC.) Speer f. sp. tritici (March.) проводили в фазе начала колошения – молочной спелости зерна (флаг-листья) (ф. 68–70) на естественном инфекционном фоне (n=100). Интенсивность поражения мучнистой росой и септориозом определяли визуально по проценту занятой мучнистым налетом и пятнами септориоза площади листа с помощью иллюстрационных шкал. Формула расчета индекса развития болезни $R = 100 \times \Sigma(ab)/4N$, где R – средняя интенсивность поражения больных растений, %; $\Sigma(ab)$ – сумма произведений числа больных растений (a) на соответствующий балл или процент поражения (b); N – общее число растений. Распространенность болезни в % рассчитывали по формуле: $P = n \times 100/N$, где P – распространенность болезни, %; N – общее количество растений в пробе; n – количество больных растений в пробе. Биологическую эффективность мероприятий (БЭ, %) рассчитывали по формуле: $БЭ = (PK - PO) \times 100 / PK$, где PK – показатель развития болезни на контроле; PO – показатель развития болезни в опыте (Санин, 2002).

Урожайность пшеницы учитывалась прямым комбайнированием, урожай семян приводили к 100%-ной чистоте и 14%-ной влажности. Длину колоса, количество колосков, число и вес зерен в колосе учитывали на 25 растениях в вариантах опыта (n=25) (Ещенко, 2009). Определяли содержание азота, клейковины в зерне и ее качество в аналитической лаборатории центра (Никитенко, 1982; Бойко, Цитович, 1959). Статистический анализ полученных результатов осуществляли в программе СНЕДЕКОР (факторный анализ для расчета средних значений, ошибки средней, $НСР_{05}$, сравнение выборок по критерию U–Манна–Уитни) (Сорокин, 2012).

и 32.8% соответственно. Химический стандарт подавлял болезнь на 57.1%.

Представляла интерес оценка комплексов в условиях высокого развития заболеваний, однако ее удалось провести лишь по некоторым возбудителям отдельно по годам. Так, в фазе молочно-восковой спелости (2023 г.) при 26.3%-ном развитии септориоза в контроле эффективность комплексов Новохизоля составляла 46.0% и 30.0%, показатель распространенности не изменился, в варианте Титул Дуо снижение незначительно – на 4%. В фазе молочной спелости (2022 г.) при 43.9%-ном развитии мучнистой росы в контроле эффективность изучаемых комплексов Новохизоля проявлялась на 25.5% и 27.3%, распространенность снижалась незначительно – на 4 и 2%, фунгицид Титул Дуо снижал показатель до 60% (табл. 4). Эффективность химического стандарта против септориоза и мучнистой росы была выше и составила 78.3% и 85.2% соответственно.

Кроме защитного действия комплексов Новохизоля в отношении листовых болезней в опытах изучали их ростостимулирующее влияние. Обработка посевов Новохизолями стимулировала рост растений в высоту в фазе цветения культуры на 14.9 и 16.3% соответственно (табл. 5).

Таблица 2. Результаты фитоэкспертизы семян (2022–2023 гг.)

Вариант	Распространенность, %					Сумма	<i>Pseudomonas</i> spp.
	<i>Bipolaris sorokiniana</i>	<i>Fusarium</i> spp.	<i>Alternaria</i> spp.	<i>Penicillium</i> spp.			
2022	14.0	4.0	24.7	0.0		42.7	17.0
2023	0.0	1.4	2.6	13.4		17.3	28.6

Table 2. Results of phytosanitary expertise of seeds (2022–2023)

Treatment	Prevalence, %					Amount value	<i>Pseudomonas</i> spp.
	<i>Bipolaris sorokiniana</i>	<i>Fusarium</i> spp.	<i>Alternaria</i> spp.	<i>Penicillium</i> spp.			
2022	14.0	4.0	24.7	0.0		42.7	17.0
2023	0.0	1.4	2.6	13.4		17.3	28.6

Таблица 3. Влияние обработок комплексами Новохизоля по вегетации на развитие септориоза, % поражения поверхности листьев и распространенность (2022–2023)

Вариант	3-й ярус	3-й ярус	Среднее	Распро-	1-й ярус	1-й ярус	Среднее	Распро-
	листьев	листьев			листьев	листьев		
	2022	2023		странен-	2022	2023		странен-
				ность, %				ность, %
Контроль	4.6	8.8	6.7	76	11.7	16.2	14.0	91
2% Новохизол (0.83 мг/мл)+ Cu ²⁺ (0.69 мг/мл), ВР	1.9	2.4*	2.2*	83	9.6	10.4*	10.0*	90
2% Новохизол (0.2 мг/мл)+ Cu ²⁺ (0.69 мг/мл) + Хитозан (0.63 мг/мл), ВР	0.8*	1.4*	1.1*	68	11.7	7.1*	9.4*	89
Титул Дуо, ККР, 0.4 л/га	–	–	–	–	4.2*	7.9*	6.0*	77
НСР ₀₅	1.7	2.7	1.6	34	3.6	2.9	2.3	21

* Варианты достоверно отличаются от контроля (p<0.05) по критерию U – Манна–Уитни.

Table 3. Effects of treatments with Novochizol complexes during vegetation on the development of blotch, % of affected surface of leaves and prevalence (2022–2023)

Treatment	3rd tier	3rd tier	average	Prevalence,	1rd tier	1rd tier	average	Prevalence,
	of leaves	of leaves			of leaves	of leaves		
	2022	2023	value	%	2022	2023	value	%
Control	4.6	8.8	6.7	76	11.7	16.2	14.0	91
2% Novochizol (0.83 mg/ml) + Cu ²⁺ (0.69 mg/ml), AS	1.9	2.4*	2.2*	83	9.6	10.4*	10.0*	90
2% Novochizol (0.2 mg/ml) + Cu ²⁺ (0.69 mg/ml) + Chitosan(0.63 mg/ml), AS	0.8*	1.4*	1.1*	68	11.7	7.1*	9.4*	89
Title Duo, CSC, 0.4 l/ha	–	–	–	–	4.2*	7.9*	6.0*	77
LSD ₀₅	1.7	2.7	1.6	34	3.6	2.9	2.3	21

* Experimental variants are significantly different from the control ones (p<0.05) according to the Mann-Whitney U test.

Отмечали прирост надземной и корневой биомассы в варианте [Новохизол + Cu²⁺] – на 52.2 и 45.3% относительно контролей, в варианте композиции с Хитозаном Титул Дуо отмечали лишь тенденцию влияния на вышеуказанные показатели.

Площадь флаговых листьев в вариантах с Новохизолом увеличивалась на 16.8 и 16.0% в сравнении с контролем, а в варианте Титул Дуо рост показателя был несущественным. Отмечена тенденция увеличения количества общих и продуктивных стеблей в вариантах опыта с комплексами [Новохизол + Cu²⁺ + Хитозан], при этом оба комплекса уступали по воздействию стандарту.

Обработка посевов оказывала положительное влияние на структуру колоса, при этом рост показателей длины колоса, количества колосков, числа зерен и их масса увеличились в варианте [Новохизол + Cu²⁺] на 18.3%, 14.8%,

20.3% и 30.0%, в варианте [Новохизол + Cu²⁺ + Хитозан] – на 16.9%, 14.8%, 26.7% и 30.0% (табл. 6).

При использовании препарата Титул Дуо происходило наибольшее увеличение структурных показателей, за исключением длины колоса – на 15.5%, 15.6%, 33.5% и 40.0% соответственно.

В опыте масса 1000 зерен достоверно повышалась лишь при применении стандарта Титул Дуо – на 3.6% относительно контроля, обработка посевов комплексами Новохизоля не оказывала существенного влияния на этот показатель. В результате отмеченного действия была получена прибавка зерна в вариантах применения комплексов Новохизоля 0.3 т/га, при обработке посевов Титулом Дуо – 0.4 т/га по сравнению с контролем (3.3 т/га). Содержание белка в зерне во всех вариантах опыта существенно не различалось, при этом зерно по качеству соответствовало I классу.

Таблица 4. Влияние обработок комплексами Новохизол по вегетации на развитие болезней, % пораженной поверхности флаг-листа и распространенность (2022–2023)

Вариант	Септориоз		Мучнистая роса	
	развитие	распространенность	развитие	распространенность
Контроль	26.3	100	43.9	100
2% Новохизол (0.83 мг/мл)+ Cu ²⁺ (0.69 мг/мл), ВР	14.2*	100	32.7*	96
2% Новохизол (0.2 мг/мл)+ Cu ²⁺ (0.69 мг/мл) + Хитозан (0.63 мг/мл), ВР	18.4*	100	31.9*	98
Титул Дуо, ККР, 0.4 л/га	5.7*	96	6.5*	60*
НСР ₀₅	4.9	5	7.4	11

* См. примечание к таблице 3.

Table 4. Effects of treatments with Novochizol complexes during vegetation on the development of diseases of wheat, % of affected surface of flag leaf and prevalence (2022–2023)

Treatment	Blotch		Powdery Mildew	
	Development	Prevalence	Development	Prevalence
Control	26.3	100	43.9	100
2% Novochizol (0.83 mg/ml) + Cu ²⁺ (0.69 mg/ml), AS	14.2*	100	32.7*	96
2% Novochizol (0.2 mg/ml) + Cu ²⁺ (0.69 mg/ml) + Chitosan (0.63 mg/ml), AS	18.4*	100	31.9*	98
Title Duo, CSC, 0.4 l/ha	5.7*	96	6.5*	60*
LSD ₀₅	4.9	5	7.4	11

* See footnote in Table 3.

Таблица 5. Влияние обработки посевов на некоторые биометрические показатели в фазе цветения пшеницы (2022–2023)

Вариант	Воздушно-сухая биомасса надземной части, г/100 раст.	Воздушно-сухая биомасса корней, г/100 раст.	Высота растений, см	Площадь листьев, см ²	Количество стеблей, шт./м ²	Количество колосьев, шт./м ²
Контроль	137.9	9.5	70.5	12.5	606	590
2% Новохизол (0.83 мг/мл)+ Cu ²⁺ (0.69 мг/мл), ВР	209.9*	13.8*	82.0*	14.6*	653	607
2% Новохизол (0.2 мг/мл)+ Cu ²⁺ (0.69 мг/мл) + Хитозан (0.63 мг/мл), ВР	194.8	12.1	81.0*	14.5*	669	643
Титул Дуо, ККР, 0.4 л/га	187.9	13.4	82.0*	13.8	684	655
НСР ₀₅	63.9	4.3	4.2	1.4	197	165

* См. примечание к таблице 3.

Table 5. Effect of crop treatment on some biometric indicators in the flowering phase of wheat (2022–2023)

Treatment	Dry biomass of Shoots from 100 Plants, g	Dry biomass of Roots from 100 Plants, g	Plant Height, cm	Flag Leaf Area, cm ²	Number of Stems per m ²	Number of Heads per m ²
Control	137.9	9.5	70.5	12.5	606	590
2% Novochizol (0.83 mg/ml) + Cu ²⁺ (0.69 mg/ml), AS	209.9*	13.8*	82.0*	14.6*	653	607
2% Novochizol (0.2 mg/ml) + Cu ²⁺ (0.69 mg/ml) + Chitosan (0.63 mg/ml), AS	194.8	12.1	81.0*	14.5*	669	643
Title Duo, CSC, 0.4 l/ha	187.9	13.4	82.0*	13.8	684	655
LSD ₀₅	63.9	4.3	4.2	1.4	197	165

*See footnote in Table 3.

Таблица 6. Влияние обработок по вегетации на структурные показатели продуктивности колоса, массу зерна и урожайность пшеницы (2022–2023)

Вариант	Длина колоса, см	Количество колосков в колосе, шт.	Количество зерен в колосе, шт.	Масса зерна с колоса, г	Масса 1000 зерен, г	Урожайность, т/га	Содержание белка, %
Контроль	7.1	12.2	28.1	1.0	33.3	3.3	14.7
2% Новохизол (0.83 мг/мл)+ Cu ²⁺ (0.69 мг/мл), ВР	8.4*	14.0*	33.8*	1.3*	33.9	3.6*	16.7
2% Новохизол (0.2 мг/мл)+ Cu ²⁺ (0.69 мг/мл) + Хитозан (0.63 мг/мл), ВР	8.3*	14.0*	35.6*	1.3*	34.1	3.6*	16.0
Титул Дуо, ККР, 0.4 л/га	8.2*	14.1*	37.5*	1.4*	34.5*	3.7*	16.2
НСР ₀₅	0.9	1.4	3.8	0.2	1.2	0.3	4.7

*См. примечание к таблице 3.

Table 6. Effect of treatments during vegetation on structural indicators of ear productivity, grain weight and wheat yield (2022–2023)

Treatment	Head Length, cm	Number of Spikelets in Head	Number of Kernels in Head	Weight of Kernels per Head	Weight of 1000 Kernels	Wheat yield, t/ha	Protein, %
Control	7.1	12.2	28.1	1.0	33.3	3.3	14.7
2% Novochizol (0.83 mg/ml) + Cu ²⁺ (0.69 mg/ml), AS	8.4*	14.0*	33.8*	1.3*	33.9	3.6*	16.7
2% Novochizol (0.2 mg/ml) + Cu ²⁺ (0.69 mg/ml) + Chitosan (0.63 mg/ml), AS	8.3*	14.0*	35.6*	1.3*	34.1	3.6*	16.0
Title Duo, CSC, 0.4 l/ha	8.2*	14.1*	37.5*	1.4*	34.5*	3.7*	16.2
LSD ₀₅	0.9	1.4	3.8	0.2	1.2	0.3	4.7

*See footnote in Table 3.

Заключение

Установлено, что двукратная обработка посевов яровой мягкой пшеницы сорта Новосибирская 31, размещенной по паровому предшественнику, комплексами [Новохизол + Cu²⁺] и [Новохизол + Cu²⁺ + Хитозан] в ряде случаев оказывает положительное влияние на биометрические и структурные показатели пшеницы в процессе вегетации. Оба комплекса Новохизоля дают одинаковую прибавку зерна в количестве 0.3 т/га (контроль 3.3 т/га), что ниже, чем при использовании фунгицида Титул Дуо – 0.4 т/га.

Дополнительное введение полимера хитозана в комплекс [Новохизол + Cu²⁺ + Хитозан] практически не сказывается на эффективности защиты посевов пшеницы от септориоза и мучнистой росы.

Обработка посевов комплексами на основе Новохизоля способна снизить развитие болезней при низком уровне пораженности и улучшить фитосанитарную ситуацию агроценоза яровой мягкой пшеницы, а также повысить урожайность культуры.

Благодарности

Разработка методик выделения и анализа БАВ, их наработка в необходимых количествах, а также получение препаратов на основе Новохизоля выполнено при поддержке гранта РНФ 23-16-00119. Исследование в полевом эксперименте проводили в рамках проекта Государственного задания лаборатории защиты зерновых и картофеля центра агробиотехнологий СФНЦА РАН, номер государственной регистрации № 0533-2021-0005.

Библиографический список (References)

- Бойко ВФ, Цитович ИК (1959) Агрехимическая лаборатория. М.: Советская наука. 498 с.
- Верещагин АЛ, Прищенко ЮЕ, Иост НД, Морозова ЕА (2011) Разработка и испытания жидких хитозановых препаратов на основе фосфата калия и хитозана *Artemia* sp. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета* 9(83):31–34
- Ещенко ВЕ, Трифонова МФ, Копытко ПГ (2009) Основы опытного дела в растениеводстве. М., КолосС. 268 с
- Колесников ЛЕ, Попова ЭВ, Новикова ИИ, Прияткин НС, Архипов МВ, Колесникова ЮР, Потрахов НН, Гусаренко АС (2019) Совместное использование штаммов микроорганизмов и хитозановых комплексов для повышения урожайности пшеницы (*Triticum aestivum* L.). *Сельскохозяйственная биология* 54(5):1024–1040
- Никитенко ГФ (1982) Опытное дело в полеводстве. М.: Россельхозиздат. 190 с.
- Галеев РР, Ломако ИС, Коровникова ГА (2015) Растениеводство: метод. указания к курсовой работе. НГАУ, агроном. фак. Новосибирск. 35 с.
- Попова ЭВ, Домнина НС, Сокорнова СВ, Коваленко НМ, Тютюрев СЛ (2021) Инновационные гибридные иммуномодуляторы растений на основе хитозана и биоактивных

- антиоксидантов и прооксидантов. *Сельскохозяйственная биология* 56(1):158–170
- Санин СС, Черкашин ВИ, Назарова ЛН (2002) Фитосанитарная экспертиза зерновых культур (болезни растений). М.: ФГНУ Росинформагротех. 140 с.
- Сорокин ОД (2012) Прикладная статистика на компьютере. 2–е изд. Новосибирск. 282 с.
- Щербань АБ (2023) Хитозан и его производные как перспективные средства защиты растений. *Вавиловский журнал генетики и селекции* 27(8):1010–1021
- Antico CJ, Colon C, Banks T, Ramonell KM (2012) Insights into the role of jasmonic acid-mediated defenses against necrotrophic and biotrophic fungal pathogens. *Front Biol* 7:48–56
- Bautista-Banos S, Hernandez-Lauzardo AN, Velazques-del Valle MG, Hernandez-Lopez M et al (2006) Chitosan as a potential natural compound to control pre and postharvest diseases of horticultural commodities. *Crop Prot* 25:108–118
- Bittelli M, Fluri M, Campbell GS (2001) Reduction of transpiration through foliar application of chitosan. *Agric Forest Meteorol* 107(3):167–175 [https://doi.org/10.1016/S0168-1923\(00\)00242-2](https://doi.org/10.1016/S0168-1923(00)00242-2)
- Deshaies M, Lamari N, Ng C K-Y, Ward P et al (2022) The impact of chitosan on the early metabolomic response of wheat to infection by *Fusarium graminearum*. *Plant Biol* 22(73):1–17 <https://doi.org/10.1186/s12870-022-03451-w>
- Etzerodt T, Gislum R, Laursen BB, Heinrichson K et al (2016) Correlation of deoxynivalenol accumulation in *Fusarium*-infected winter and spring wheat cultivars with secondary metabolites at different growth stages. *J Agric Food Chem* 64:4545–55. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b01162>
- Gao H, Niu, J, Li S (2018) Impacts of wheat powdery mildew on grain yield & quality and its prevention and control methods. *Am J Agric Forest* 6:141–147. <https://doi.org/10.11648/j.ajaf.20180605.14>
- Gauthier L, Atanasova-Penichon V, Chereau S, Richard-Forget F (2015) Metabolomics to decipher the chemical defense of cereals against *Fusarium graminearum* and deoxynivalenol accumulation. *Int J Mol Sci* 16:24839–72. <https://doi.org/10.3390/ijms161024839>
- Hassan FAS, Ali E, Gaber A, Fetouh ML et al (2021) Chitosan nanoparticles effectively combat salinity stress by enhancing antioxidant activity and alkaloid biosynthesis in *Catharanthus roseus* (L.) G. Don. *Plant Physiol Biochem* 162:291–300. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2021.03.004>
- Katiyar D, Hemantaranjan A, Singh B (2015) Chitosan as a promising natural compound to enhance potential physiological responses in plant. A review *Ind J Plant Physiol* 20:1–9. <https://doi.org/10.1007/s40502-015-0139-6>
- Kheiri A, Moosawi Jorf SA, Malhipour A, Saremi H et al (2016) Application of chitosan and chitosan nanoparticles for the control of *Fusarium* head blight of wheat (*Fusarium graminearum*) in vitro and greenhouse. *Int J Biol Macromol* 93:1261–72. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2016.09.072>
- Kocięcka J, Liberacki D (2021) The potential of using chitosan on cereal crops in the face of climate change. 10(6):1160–1187. <https://doi.org/0.3390/PLANTS10061160>
- Lee S, Choi H, Suh S et al (1999) Oligogalacturonic acid and chitosan reduce stomatal aperture by inducing the evolution of reactive oxygen species from guard cells of tomato and commelina communis. *Plant Physiol* 121:147–152
- Malerba M, Cerana R (2016) Chitosan effects on plant systems. *Int J Mol Sci* 17:996. <https://doi.org/10.3390/ijms17070996>
- Novochizol. First-in-class polysaccharide nanospheres (2023) ООО «Новочизол». URL: <https://www.novochizol.ch/> (18.09.2024)
- Palazzini J, Reynoso A, Yerkovich N, Zchetti V, Ramirez M, Chulze S (2022) Combination of *Bacillus velezensis* rc218 and chitosan to control *Fusarium* Head Blight on bread and durum wheat under greenhouse and field conditions. *Toxins* 14:499–511. <https://doi.org/10.3390/toxins14070499>
- Qi P-F, Balcerzak M, Rocheleau H, Leung W, Wei Y-M, Zheng Y-L et al (2016) Jasmonic acid and abscisic acid play important roles in host–pathogen interaction between *Fusarium graminearum* and wheat during the early stages of *Fusarium* head blight. *Physiol Mol Plant Pathol* 93:39–48. <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2015.12.004>
- Saad AM, Alabdali AYM, Ebaid M, Salama E et al (2022) Impact of green chitosan nanoparticles fabricated from shrimp processing waste as a source of nano nitrogen fertilizers on the yield quantity and quality of wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. *Molecules* 27:5640–5659. <http://doi.org/10.3390/molecules27175640>
- Shcherban AB, Skolotneva ES, Fedyaeva AV, Boyko NI, Fomenko VV (2024) Effect of biopesticide Novochizol on development of *Stem rust*, *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* in wheat, *T. aestivum* L. *Plants* 13:3455 <http://doi.org/10.3390/plants13233455>
- Shivam M, Sunil K, Kamlesh KJ, Poonam K (2019) Chitosan: A novel bioactive compound for management of plant diseases: a review. *J Pharmacogn Phytochem* 8(5):2281–2286
- Stasinska-Jakubas M, Hawrylak-Nowak B (2022) Protective, biostimulating, and eliciting effects of chitosan and its derivatives on crop plants. *Molecules* 27:2801–2818. <http://doi.org/10.3390/molecules27092801>
- Tepliyakova OI, Fomenko VV, Salakhutdinov NF, Vlasenko NG (2022) Novochizol™ seed treatment: effects on germination, growth and development in soft spring wheat natural products. *Nat Prod Chem Res* 10(5):1–4. <http://doi.org/10.35248/naturalproducts.10.5.1-04>

Translation of Russian References

- Boyko VF, Tsytovich IK (1959) Agrochemical laboratory. Moscow: Sovetskaya nauka. 498 p. (in Russian)
- Eshchenko VE, Trifonova MF, Kopytko PG (2009) Fundamentals of experimental business in crop production. Moscow: KolosS. 268 p. (in Russian)
- Galeev PP, Lomako IS, Korovnikova GA (2015) Crop production: method. instructions for the course work. Novosibirsk: NGAU. 35 p. (in Russian)
- Kolesnikov LE, Popova EV, Novikova II, Paladkin NS, Arkhipov MV, Kolesnikova JUR, Potrakhov NN, Gusarenko AS (2019) Joint use of strains of microorganisms and chitosan complexes to increase wheat yield (*Triticum aestivum* L.). *Agricultural Biology* 54(5):1024–1040 (in Russian)
- Nikitenko GF (1982) Experimental business in field breeding. M.: Rosselkhoz nadzor. 190 p. (in Russian)

Popova EV, Domnina NS, Sokornova SV, Kovalenko NM, Tyuterev SL (2021) Innovative hybrid plant immunomodulators based on chitosan and bioactive antioxidants and prooxidants. *Agricultural Biology* 56(1):158–170 (in Russian)

Sorokin OD (2012) Applied statistics on a computer. 2nd Ed. Novosibirsk. 282 p. (in Russian)

Vereshchagin AL, Prishchenko YuE, Iost ND, Morozova EA (2011) Development and testing of liquid chitosan preparations based on potassium phosphate and chitosan of *Artemia* sp. *Bulletin of the Altai State Agrarian university* 9(83):31–34 (in Russian)

Plant Protection News, 2025, 108(1), p. 4–12

OECD+WoS: 4.01+AM (Agronomy)

<https://doi.org/10.31993/2308-6459-2025-108-1-16725>

Full-text article

EFFECTIVENESS OF PROCESSING SPRING WHEAT CROPS WITH NOVOCHIZOL COMPLEXES

S.V. Burlakova^{1*}, M.T. Egorycheva¹, P.I. Kudashkin¹, V.V. Fomenko², A.B. Shcherban³, N.F. Salakhutdinov²

¹*Siberian Federal Research Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk region, Krasnoobsk, Russia*

²*Novosibirsk Institute of Organic Chemistry SB RAS, Novosibirsk, Russia*

³*Novosibirsk Institute of Cytology and Genetics SB RAS, Novosibirsk, Russia*

*corresponding author, e-mail: clairburl@gmail.com

The effectiveness of twofold treatment of spring wheat with Novochizol complexes supplemented either with copper ions [Novochizol + Cu²⁺] or with copper ions and Chitosan [Novochizol + Cu²⁺ + Chitosan] was assessed. Field experiments were carried out on leached chernozem of the forest steppe of the Ob region of the Novosibirsk Province. Under conditions of moisture deficiency in 2022–2023, concurrent with a moderate level of Septoria disease development, the treatment with both complexes was ineffective. In the case of a high level of disease development, the effectiveness of the [Novochizol + Cu²⁺] complex reached 46%, which is 1.5 times lower than the effect of crop protection using the standard chemical fungicide Titul Duo. The complexes under investigation showed practically no protective effect against powdery mildew, including the cases of its high prevalence, whereas the Duo Title reduced the development of the disease by 85%. The crop treatment with Novochizol complexes displayed a growth-stimulating effect on the quality of wheat plants. In particular, the biomass accumulation increased 1.3–1.5 times, plant height increased by 15–16%, flag leaf area increased by 16–17%, productive bushiness increased by 3–9%, and ear structure improved by 17–30%. The crop treatment with [Novochizol + Cu²⁺] or [Novochizol + Cu²⁺ + Chitosan] complexes allowed for an additional yield of 0.3 t/ha, while the use of the Title Duo provided 0.4 t/ha yield gain.

Keywords: spring wheat diseases, biological efficiency, crop treatment, leaf area, ear structure, yield

Submitted: 11.11.2024

Accepted: 21.03.2025

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПЕЛАРГОНОВОЙ КИСЛОТЫ НА ЗЕМЛЯХ, НЕ ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ПОД ПОСЕВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

А.С. Ткач*, А.С. Голубев, П.И. Борушко, С.И. Редюк, В.Г. Чернуха

Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Санкт-Петербург

*ответственный за переписку, e-mail: andrew_tka4@mail.ru

В 2022–2023 гг. в Ленинградской области в ФГБНУ ВИЗР проводились исследования с целью оценки биологической эффективности пеларгоновой кислоты на землях, не предназначенных под посев или высадку культурных растений. Схема опыта включала внесение пеларгоновой кислоты (525 г/л) в нормах применения 0.3; 0.5; 0.7 и 1.0 л/100 м², а также контроль (без обработки). Опыты были заложены в четырех повторностях на делянках площадью 25 м² в соответствии с методическими указаниями по испытанию гербицидов. На опытном участке в период проведения исследований встречались однолетние и многолетние двудольные, а также однолетние злаковые виды сорных растений. Общее количество сорных растений на опытных делянках превышало 250 экз./м². В течение нескольких часов после обработки такие виды сорных растений, как ежовник обыкновенный, гречишка вьюнковая, горец развесистый, марь белая, торица полевая и осот полевой, вне зависимости от фазы развития, бурели и засыхали. Менее чувствительными к обработке пеларгоновой кислотой оказались растения горчицы полевой и аистника цикутного. Эта тенденция проявилась в вариантах с меньшими нормами применения пеларгоновой кислоты (0.3 и 0.5 л/100 м²). Выявлено, что действие пеларгоновой кислоты было непродолжительным. Уже на 15 сутки обработанные препаратом делянки зарастали растениями ежовника обыкновенного и не отличались от контрольного варианта. К 30 суткам делянки, обработанные минимальной нормой применения пеларгоновой кислоты (0.3 л/100 м²), начали зарастать однолетними двудольными сорными растениями. Полученные в опытах данные свидетельствуют о том, что использование пеларгоновой кислоты в качестве гербицида можно рассматривать как компонент в составе комплекса мероприятий по борьбе с сорными растениями. Одиночное ее применение выглядит наиболее целесообразным на землях, не предназначенных под посев сельскохозяйственных культур, в случаях, когда требуется оперативное уничтожение сорных растений, а продолжительность защитного эффекта является менее важным фактором.

Ключевые слова: гербицид, сорные растения, чувствительность, биологическая эффективность

Поступила в редакцию: 11.02.2025

Принята к печати: 07.05.2025

Введение

Известно, что сорные растения представляют проблему для производства растениеводческой продукции. При этом они могут препятствовать деятельности человека и на землях, не предназначенных для возделывания сельскохозяйственных культур (Shackleton et al., 2019; Rao et al., 2020; Nath et al., 2024). Присутствие сорных растений, в особенности инвазионных видов, на таких территориях может вызывать аллергические реакции у человека и сельскохозяйственных животных (Бобылев, 2012; James et al., 2005; Gadermaier et al., 2014; Zdrojewicz et al., 2016; Grişincu et al., 2023), а также нарушать естественный покров территории, становясь фактором, нарушающим экологическое равновесие (потеря биоразнообразия, изменение режима грунтовых вод, высыхание рек, возникновение пожаров), ухудшению качества почвы (Gibbons et al., 2017), изменению климата (Kefelegn, 2015; Fu et al., 2018; Kumar, Singh, 2020; Kacheche, Mzuza, 2021). Инвазионные сорные растения на пастбищах снижают качество и урожайность кормов, ухудшают производительность животных и увеличивают расходы, связанные с применением гербицидов и обновлением пастбищ (DiTomaso, 2000). Кроме того, сорные растения на необрабатываемых землях могут быть дополнительным источником пищи, укрытием, а также

местом размножения для различных вредных организмов (Carinera 2005; Norris, Kogan, 2005; Szabo et al. 2020; Kumar et al. 2021).

В настоящее время наиболее популярными способами борьбы с сорными растениями являются химический, агротехнический, а также ручная прополка. Ручные и агротехнические способы борьбы с сорными растениями затратны и не всегда обеспечивают высокую эффективность защитных мероприятий (Patel et al. 2017). В то же время, химический метод борьбы с сорными растениями очень эффективен, экономически выгоден, позволяя за короткое время покрыть большие площади при ограниченных трудозатратах (Kewat et al. 2008; Zubair et al., 2009; Bhowmick et al. 2017; Kaur et al., 2020; Woyessa, 2022; Patel et al., 2023). Однако, долгое использование одного и того же гербицида или разных гербицидов со сходным механизмом действия приводит к формированию устойчивости у сорных растений (Perotti et al., 2020; Montull, Torra, 2023; Near, 2024). Кроме того, использование гербицидов может приводить к загрязнению почвы, грунтовых вод, а также оказывать отрицательное влияние на нецелевые организмы (Santos et al., 2015; Thomas et al., 2020; van Bruggen et al., 2021; Zilnik et al., 2023; Nath et al., 2024).

В связи с этим актуальной проблемой в защите растений в настоящее время является поиск природоподобных и эффективных веществ, позволяющих снижать количество используемых синтетических гербицидов (Loddo et al., 2021). Одним из таких действующих веществ для борьбы с сорными растениями является пеларгоновая кислота. Данное вещество представляет собой насыщенную девятиуглеродную жирную кислоту, содержащуюся в различных овощах, фруктах, а также в животных жирах. Кроме того, пеларгоновую кислоту можно экстрагировать из растений пеларгонии (Fukuda et al., 2004; Webber, Shreffler, 2006; Crmaric et al., 2018; Ciriminna et al., 2019).

Результаты исследований последних двух десятилетий показали, что пеларгоновая кислота быстро разлагается в

почве, обладает высокой скоростью действия и эффективностью в лабораторных условиях и теплицах (Muñoz et al., 2020; Travlos et al., 2020; Poiger et al., 2024). Однако данные об эффективности пеларгоновой кислоты в полевых условиях остаются противоречивыми. Так, у некоторых авторов действие пеларгоновой кислоты на разные группы сорных растений и даже на отдельные виды сорных растений в пределах одного семейства существенно различаются (Webber et al., 2014a; Webber et al., 2014b; Martelloni et al., 2020; Loddo et al., 2023).

В связи с этим, целью наших исследований являлось изучение эффективности и продолжительности действия пеларгоновой кислоты на землях, не предназначенных под посев сельскохозяйственных культур.

Материалы и методы

Опыты по оценке эффективности пеларгоновой кислоты проводили в течение двух вегетационных сезонов 2022 и 2023 гг. в Ленинградской области на землях, не предназначенных под посев сельскохозяйственных культур вблизи ФГБНУ ВИЗР.

В качестве промышленного образца гербицида, основой которого является пеларгоновая кислота, использовали препарат ТОРНАДО Био, МКЭ (525 г/л) фирмы АО Фирма «Август».

Почва опытного участка – дерново-подзолистая, суглинистая по механическому составу, с содержанием гумуса в пахотном слое 3–4%; pH=6.3.

В вегетационный период 2022 года температура воздуха была незначительно выше по сравнению со среднеголетней, и отмечалось выпадение большого количества осадков (более чем на 40% выше среднеголетних показателей). Погодные условия 2023 года в целом не отличались от среднеголетних, однако в начале летнего периода температура воздуха была пониженной (табл. 1). Все это оказало непосредственное влияние на полученные в ходе исследований результаты. Так пониженные температуры в начале лета 2023 года препятствовали массовому появлению всходов растений ежовника обыкновенного.

Таблица 1. Погодные условия в период проведения исследований (2022–2023 гг.)

Основные показатели	Месяцы и декады											
	май			июнь			июль			август		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Температура воздуха, °C												
средняя многолетняя	8.5	11.1	12.3	14.3	15.7	16.6	17.3	17.8	17.9	17.2	16.0	14.4
2022 год	8.1	9.5	11.4	15.9	15.6	21.0	20.8	16.7	19.5	18.2	21.8	18.7
2023 год	7.0	14.5	14.2	11.6	18.5	19.9	16.7	18.0	17.5	21.5	19.3	16.6
Осадки, мм												
средние многолетние	10.3	12.2	14.7	13.8	17.0	24.5	22.1	21.2	22.7	24.2	20.4	24.8
2022 год	1.8	8.1	6.9	26.9	25.9	0	18	42.4	66.0	114.8	0	81.0
2023 год	6.1	3.1	7.6	8.6	0	58.2	23.9	9.9	32.5	19.1	5.3	28.4
Влажность воздуха, %												
средняя многолетняя	67	73	71	66	68	71	72	74	76	77	79	82
2022 год	64	73	68	71	78	65	72	82	79	82	73	83
2023 год	61	61	66	68	55	73	79	74	79	76	80	83

Table 1. The weather conditions during the experiments (Leningrad region, 2022–2023)

Indicators	Months and decades											
	May			June			July			August		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Air temperature, °C												
long-term average	8.5	11.1	12.3	14.3	15.7	16.6	17.3	17.8	17.9	17.2	16.0	14.4
2022	8.1	9.5	11.4	15.9	15.6	21.0	20.8	16.7	19.5	18.2	21.8	18.7
2023	7.0	14.5	14.2	11.6	18.5	19.9	16.7	18.0	17.5	21.5	19.3	16.6
Precipitation, mm												
long-term average	10.3	12.2	14.7	13.8	17.0	24.5	22.1	21.2	22.7	24.2	20.4	24.8
2022	1.8	8.1	6.9	26.9	25.9	0	18	42.4	66.0	114.8	0	81.0
2023	6.1	3.1	7.6	8.6	0	58.2	23.9	9.9	32.5	19.1	5.3	28.4
Air humidity, %												
long-term average	67	73	71	66	68	71	72	74	76	77	79	82
2022	64	73	68	71	78	65	72	82	79	82	73	83
2023	61	61	66	68	55	73	79	74	79	76	80	83

Сорный компонент опытного участка включал однолетние двудольные (*Spergula arvensis* L., *Chenopodium album* L., *Polygonum lapathifolium* L., *Sinapis arvensis* L., *Erodium cicutarium* (L.) L'Her., *Fallopia convolvulus* (L.)

A. Love), однолетние злаковые (*Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv.) и многолетние двудольные (*Sonchus arvensis* L.) виды сорных растений (табл. 2).

Таблица 2. Исходная засоренность опытного участка (Ленинградская область, 2022–2023 гг.)

Виды сорных растений	Годы	Фазы развития сорных растений	Количество, экз./м ²
<i>Аистник цикутный</i>	2022	розетка до 10 см в диаметре	31
	2023	розетка 5 см в диаметре – цветение	96
<i>Гречишка вьюнковая</i>	2022	4 настоящих листа, высота 3–5 см	26
	2023	ветвление, длина плетей до 35 см	1
<i>Горец развесистый</i>	2022	4–5 настоящих листьев, высота до 6 см	221
	2023	стеблевание, высота до 20 см	3
<i>Горчица полевая</i>	2022	от розетки до бутонизации, высота до 10 см	62
	2023	2 настоящих листа – цветение	23
<i>Марь белая</i>	2022	4–6 настоящих листьев, высота 3 см	521
	2023	бутонизация, высота до 34 см	8
<i>Торица полевая</i>	2022	1–3 мутовки – бутонизация	610
	2023	1 мутовка – бутонизация	93
<i>Осот полевой</i>	2022	розетка до 12 см в диаметре	4
	2023	розетка до 35 см в диаметре	5
<i>Ежовник обыкновенный</i>	2022	от всходов до кушения	336
	2023	кушение	23

Table 2. Weed density and growth stages of weeds before treatment (Leningrad region, 2022–2023)

Weeds species	Year	Growth stages of weeds (BBCH-Code)	Density (plant/m ²)
<i>Erodium cicutarium</i> (L.) L'Her.	2022	30–31	31
	2023	30–60	96
<i>Fallopia convolvulus</i> (L.) A. Love	2022	14	26
	2023	30	1
<i>Polygonum lapathifolium</i> L.	2022	14–15	221
	2023	30	3
<i>Sinapis arvensis</i> L.	2022	30–51	62
	2023	12–60	23
<i>Chenopodium album</i> L.	2022	14–16	521
	2023	51–55	8
<i>Spergula arvensis</i> L.	2022	31–51	610
	2023	31	93
<i>Sonchus arvensis</i> L.	2022	31	4
	2023	31	5
<i>Echinochloa crusgalli</i> (L.) Beauv.	2022	10–29	336
	2023	21–29	23

Исследования эффективности пеларгоновой кислоты проводили в соответствии с методикой по изучению гербицидов в сельском хозяйстве (Голубев, Маханькова, 2020). Опытный участок был разбит на делянки площадью 25 м², расположенные рендомизированно в четырехкратной повторности. Схема опыта включала в себя внесение пеларгоновой кислоты в нормах применения 0,3, 0,5, 0,7, 1,0 л/100 м², а также контроль (без обработки). Расход рабочей жидкости составлял 10 л/100 м². Внесение препарата осуществляли при помощи ранцевого опрыскивателя «Резистент 3610».

Учеты сорных растений проводили при помощи 4 рамок площадью 0,25 м² в три срока: перед обработкой; через 15 дней после обработки и через 30 дней после

обработки. При выполнении первого учета проводился подсчет только количества сорных растений, а при втором и третьем учетах подсчитывалось их количество и определялась масса.

Эффективность действия пеларгоновой кислоты определяли по отношению к необработанному контролю по следующей формуле:

$$\Theta = (A - B) / A \times 100,$$

где Θ – эффективность обработки, %; А – количество сорных растений в контроле, экз./м²; В – количество сорных растений в обработанном варианте, экз./м².

Статистическая обработка полученных в опытах данных осуществлена методом дисперсионного анализа.

Результаты и обсуждение

В 2022 году перед проведением обработок на опытном участке преобладала группа однолетних двудольных сорных растений (в среднем 1197 экз./м²). Из группы однолетних злаковых сорных растений встречались растения

ежовника обыкновенного (336 экз./м²). Количество многолетних двудольных сорных растений (осота полевого) составляло 4 экз./м². Все виды сорных растений, встречавшиеся на опытном участке, находились на ранних

фазах развития. Так, большинство растений однолетних двудольных видов имело не более 6 настоящих листьев, растения аистника цикутного находились в фазе розетки, растения торицы полевой – в фазе мутовки, а растения горчицы полевой достигали фазы бутонизации. Растения ежовника обыкновенного находились в фазах от всходов до кущения; растения осота полевого – в фазе розетки (не превышая 12 см в диаметре).

Первые признаки действия пеларгоновой кислоты на сорные растения проявились очень быстро. Уже через 15 минут после обработки наблюдалось побурение сорных растений. По прошествии двух часов симптомы фитотоксического действия усиливались: однолетние сорные растения засыхали, а растения осота полевого почернели (рис. 1, 2). Близкие результаты по скорости действия пеларгоновой кислоты были получены в работах Webber с соавторами (2014а, 2014b), Loddo с соавторами (2023), а также Ganji и Andert (2024).

По результатам визуальных наблюдений было выявлено, что наименее чувствительными к действию пеларгоновой кислоты были растения горчицы полевой. У растений данного вида отмечалось постепенная потеря тургора,



Рисунок 1. Действие пеларгоновой кислоты на однолетние двудольные сорные растения

Figure 1. Effect of pelargonic acid on annual dicotyledonous weeds



Рисунок 2. Действие пеларгоновой кислоты на растения осота полевого

Figure 2. Effect of pelargonic acid on *Sonchus arvensis* plants

хлорозы и появление ожогов на листьях. Растения продолжали вегетировать и сохраняли зеленую окраску (рис. 3).

Через сутки после использования 0.5, 0.7 и 1.0 л/100 м² пеларгоновой кислоты все сорные растения полностью засохли, что было особенно заметно на фоне необработанных делянок контроля (рис. 4, 5). В варианте с внесением минимальной нормы применения пеларгоновой кислоты (0.3 л/100 м²) продолжали вегетировать растения горчицы полевой, но у них отмечались многочисленные ожоги.



Рисунок 3. Действие пеларгоновой кислоты на растения горчицы полевой

Figure 3. Effect of pelargonic acid on *Sinapis arvensis*



Рисунок 4. Общий вид делянок

Figure 4. General view of the plots



Рисунок 5. Контрольный вариант (без обработки)

Figure 5. Control variant (no treatment)

Несмотря на очень быстрое очищение обработанных делянок от сорной растительности, действие пеларгоновой кислоты было непродолжительным. Через две недели после обработки на опытных делянках уже наблюдалось появление второй волны сорных растений (табл. 3, рис. 6). Полученные данные коррелируют с результатами исследований Barker с соавторами (2014), Martelloni с соавторами (2020), Munoz с соавторами (2022), а также Loddo с соавторами (2023), в которых применение пеларгоновой кислоты также обеспечивало лишь временный контроль сорных растений, с последующим их отрастанием.

Отмечено, что в условиях повышенных температур особенно быстро и обильно появлялись новые всходы ежовника обыкновенного. Это привело к тому, что количество и масса однолетних злаковых сорных растений на обработанных делянках в виду слабой конкуренции со стороны двудольных сорных растений превысили контрольные показатели. Всходы однолетних двудольных сорных растений (аистника цикутного, горчицы полевой, торицы полевой и горца развесистого) появлялись значительно



Рисунок 6. Заращение опытных делянок через 15 дней после обработки
Figure 6. Weed cover regrowth on experimental plots, 15 days after treatment

Таблица 3. Влияние пеларгоновой кислоты (525 г/л) на отдельные виды двудольных сорных растений через 2 недели после обработки (Ленинградская область, 2022–2023 гг.)

Нормы применения	Количество сорных растений, экз./м ²							
	<i>Spergula arvensis</i>	<i>Erodium cicutarium</i>	<i>Sinapis arvensis</i>	<i>Chenopodium album</i>	<i>Polygonum lapathifolium</i>	<i>Fallopia convolvulus</i>	<i>Sonchus arvensis</i>	<i>Echinochloa crusgalli</i>
2022 год								
1. 0.3 л/100 м ²	30	16	21	1	10	0	0	212
2. 0.5 л/100 м ²	1	8	2	0	3	0	0	156
3. 0.7 л/100 м ²	0	2	0	0	2	0	0	137
4. 1.0 л/100 м ²	0	0	0	0	0	0	0	75
5. Контроль	232	37	101	75	88	46	5	102
НСР₀₅	26	5	9	8	7	8	2	25
2023 год								
1. 0.3 л/100 м ²	8	27	3	6	0	1	4	20
2. 0.5 л/100 м ²	1	18	1	6	0	0	3	13
3. 0.7 л/100 м ²	0	15	0	1	0	0	2	13
4. 1.0 л/100 м ²	0	10	0	0	0	1	2	9
5. Контроль	36	47	14	21	7	12	14	33
НСР₀₅	7	6	2	2	1	1	3	4

Table 3. The effect of application of pelargonic acid (525 g/L) on several weed species two weeks after treatment (Leningrad region, 2022–2023)

Application rates	Density (plant/m ²)							
	<i>Spergula arvensis</i>	<i>Erodium cicutarium</i>	<i>Sinapis arvensis</i>	<i>Chenopodium album</i>	<i>Polygonum lapathifolium</i>	<i>Fallopia convolvulus</i>	<i>Sonchus arvensis</i>	<i>Echinochloa crusgalli</i>
2022								
1. 0.3 l/100 m ²	30	16	21	1	10	0	0	212
2. 0.5 l/100 m ²	1	8	2	0	3	0	0	156
3. 0.7 l/100 m ²	0	2	0	0	2	0	0	137
4. 1.0 l/100 m ²	0	0	0	0	0	0	0	75
5. Untreated control	232	37	101	75	88	46	5	102
LSD₀₅	26	5	9	8	7	8	2	25
2023								
1. 0.3 l/100 m ²	8	27	3	6	0	1	4	20
2. 0.5 l/100 m ²	1	18	1	6	0	0	3	13
3. 0.7 l/100 m ²	0	15	0	1	0	0	2	13
4. 1.0 l/100 m ²	0	10	0	0	0	1	2	9
5. Untreated control	36	47	14	21	7	12	14	33
LSD₀₅	7	6	2	2	1	1	3	4

медленнее. В варианте с внесением 0.3 л/100 м² пеларгоновой кислоты снижение их количества относительно контроля составляло 86.5%, снижение массы – 80.9%. В остальных вариантах с применением пеларгоновой кислоты эффективность снижения количества и массы однолетних двудольных сорных растений превышала 95% (табл. 3 и 4).

По прошествии еще двух недель во всех вариантах с применением пеларгоновой кислоты наблюдалось полное зарастание опытных делянок растениями ежевника обыкновенного (рис. 7). Кроме того, к этому времени на обработанных делянках отмечалось активное появление новых всходов однолетних двудольных видов сорных растений.

Интенсивное их разрастание главным образом было зафиксировано на делянках, обработанных 0.3 л/100 м² пеларгоновой кислоты, что привело к снижению эффективности в среднем на 20%. Действие 0.5, 0.7 и 1.0 л/100 м² пеларгоновой кислоты на однолетние двудольные сорные растения оставалось на высоком уровне (более 80%) (табл. 4).

Отрастания или появления новых всходов многолетних двудольных сорных растений на обработанных пеларгоновой кислотой делянках при проведении учетов не обнаружено.

Во второй год исследований оценивали эффективность пеларгоновой кислоты по действию на более развитые в

Таблица 4. Влияние пеларгоновой кислоты (525 г/л) на общую засоренность участка (Ленинградская область, 2022–2023 гг.)

Нормы применения	Две недели после обработки						Месяц после обработки					
	Снижение количества, % к контролю			Снижение массы, % к контролю			Снижение количества, % к контролю			Снижение массы, % к контролю		
	ОДС*	МДС*	ОЗС*	ОДС*	МДС*	ОЗС*	ОДС*	МДС*	ОЗС*	ОДС*	МДС*	ОЗС*
2022 год												
1. 0.3 л/100 м ²	86.5 ^a	100 ^a	0 ^a	80.9 ^a	100 ^a	0 ^a	76.9 ^a	100 ^a	0 ^a	59.4 ^a	100 ^a	0 ^a
2. 0.5 л/100 м ²	97.6 ^b	100 ^a	0 ^a	97.3 ^{ab}	100 ^a	0 ^a	87.5 ^b	100 ^a	0 ^a	80.3 ^b	100 ^a	0 ^a
3. 0.7 л/100 м ²	99.3 ^b	100 ^a	0 ^a	99.4 ^{abv}	100 ^a	0 ^a	96.4 ^b	100 ^a	0 ^a	89.5 ^b	100 ^a	0 ^a
4. 1.0 л/100 м ²	100 ^b	100 ^a	26.5 ^b	100 ^{vt}	100 ^a	0 ^a	99.3 ^b	100 ^a	17.6 ^b	96.2 ^г	100 ^a	0 ^a
5. Контроль (экз./м ² или г/м ²)	594 ^v	5 ^b	102 ^v	612 ^д	12.5 ^b	26 ^b	553 ^г	6 ^b	187 ^v	703 ^д	19 ^b	147 ^b
2023 год												
1. 0.3 л/100 м ²	67.9 ^a	70.0 ^{ab}	39.4 ^a	85.6 ^{ab}	94.3 ^a	65.2 ^{ab}	42.6 ^a	60.7 ^a	6.9 ^{abг}	56.1 ^a	69.2 ^a	73.7 ^a
2. 0.5 л/100 м ²	81.4 ^{ab}	80.0 ^{abv}	60.6 ^b	91.1 ^{abv}	95.2 ^a	79.7 ^{abv}	71.3 ^b	64.3 ^a	17.2 ^{ab}	82.9 ^b	80.6 ^{ab}	62.7 ^a
3. 0.7 л/100 м ²	88.6 ^{abv}	90.0 ^{bv}	60.6 ^b	97.0 ^{bv}	97.9 ^a	79.2 ^{abv}	77.9 ^b	75.0 ^{ab}	27.6 ^{bv}	88.3 ^b	81.3 ^{ab}	73.9 ^a
4. 1.0 л/100 м ²	92.1 ^v	90.0 ^{bv}	72.7 ^v	96.3 ^{bv}	98.4 ^a	87.9 ^{bv}	72.1 ^г	89.3 ^b	37.9 ^{bv}	87.9 ^b	95.3 ^b	81.8 ^a
5. Контроль (экз./м ² или г/м ²)	140 ^д	20 ^г	33 ^г	2353 ^г	748 ^b	207 ^г	122 ^д	28 ^a	29 ^г	3782 ^г	983 ^b	472 ^b

*ОДС – однолетних двудольных сорных растений, МДС – многолетних двудольных сорных растений; ОЗС – однолетних злаковых сорных растений; разные строчные буквы указывают на существенные различия между вариантами, выявленные при проведении дисперсионного анализа (на 5% уровне значимости).

Table 4. The effect of application of pelargonic acid (525 g/l) on weed density and fresh weight (Leningrad region, 2022–2023)

Application rates (Treatments)	Two weeks after treatment						Month after treatment					
	Density (%) of Control			Fresh Weight (%) of Control			Density (%) of Control			Fresh Weight (%) of Control		
	ADW*	PDW*	AGW*	ADW*	PDW*	AGW*	ADW*	PDW*	AGW*	ADW*	PDW*	AGW*
2022												
1. 0.3 l/100 m ²	86.5 ^a	100 ^a	0 ^a	80.9 ^a	100 ^a	0 ^a	76.9 ^a	100 ^a	0 ^a	59.4 ^a	100 ^a	0 ^a
2. 0.5 l/100 m ²	97.6 ^b	100 ^a	0 ^a	97.3 ^{bc}	100 ^a	0 ^a	87.5 ^b	100 ^a	0 ^a	80.3 ^b	100 ^a	0 ^a
3. 0.7 l/100 m ²	99.3 ^b	100 ^a	0 ^a	99.4 ^{bcd}	100 ^a	0 ^a	96.4 ^c	100 ^a	0 ^a	89.5 ^c	100 ^a	0 ^a
4. 1.0 l/100 m ²	100 ^b	100 ^a	26.5 ^b	100 ^{cd}	100 ^a	0 ^a	99.3 ^c	100 ^a	17.6 ^b	96.2 ^d	100 ^a	0 ^a
5. Untreated control (plant/m ² and g/m ²)	594 ^c	5 ^b	102 ^c	612 ^c	12.5 ^b	26 ^b	553 ^d	6 ^b	187 ^c	703 ^c	19 ^b	147 ^b
2023												
1. 0.3 l/100 m ²	67.9 ^a	70.0 ^{ab}	39.4 ^a	85.6 ^{ab}	94.3 ^a	65.2 ^{ab}	42.6 ^a	60.7 ^a	6.9 ^{abd}	56.1 ^a	69.2 ^a	73.7 ^a
2. 0.5 l/100 m ²	81.4 ^{bc}	80.0 ^{abc}	60.6 ^b	91.1 ^{abc}	95.2 ^a	79.7 ^{abc}	71.3 ^b	64.3 ^a	17.2 ^{ab}	82.9 ^b	80.6 ^{ab}	62.7 ^a
3. 0.7 l/100 m ²	88.6 ^{bcd}	90.0 ^{bc}	60.6 ^b	97.0 ^{bc}	97.9 ^a	79.2 ^{abc}	77.9 ^c	75.0 ^{ab}	27.6 ^{bc}	88.3 ^c	81.3 ^{ab}	73.9 ^a
4. 1.0 l/100 m ²	92.1 ^{cd}	90.0 ^{bc}	72.7 ^c	96.3 ^{bc}	98.4 ^a	87.9 ^{bc}	72.1 ^d	89.3 ^b	37.9 ^{bc}	87.9 ^c	95.3 ^b	81.8 ^a
5. Untreated control (plant/m ² and g/m ²)	140 ^e	20 ^d	33 ^d	2353 ^d	748 ^b	207 ^d	122 ^e	28 ^c	29 ^d	3782 ^d	983 ^c	472 ^b

*ADW – annual dicotyledonous weeds, PDW – perennial dicotyledonous weeds; AGW – annual grass weeds; different letters in the same column indicate the significant differences between the means for each treatment at a = 5% significance level.



Рисунок 7. Заращение опытных делянок через месяц после обработки

Figure 7. Weed cover regrowth on the experimental plots, one month after treatment

момент обработки сорные растения: отдельные виды однолетних двудольных сорных растений достигали фазы бутонизации-цветения, растения ежовника обыкновенного находились в фазе кушения, а растения осота полевого достигали 35 см в диаметре. Количество сорных растений на опытном участке было меньшим, по сравнению с предыдущим годом, и составляло 257 экз./м². Около 88% от этого количества приходилось на долю однолетних двудольных сорных растений. Количество растений осота полевого достигало 5 экз./м². Погодные условия 2023 года (недостаток повышенных температур в начале лета) способствовали неравномерному и немногочисленному появлению всходов растений ежовника обыкновенного, количество которых на опытных делянках не превышало 23 экз./м².

Первые признаки действия пеларгоновой кислоты на сорные растения во второй год исследований проявились практически сразу после обработки, несмотря на то, что в момент обработки сорняки находились в более поздних фазах развития. Так через несколько минут после внесения пеларгоновой кислоты сорные растения начали терять тургор, на них появились многочисленные ожоги, они стали светлеть и буреть. По прошествии суток все небольшие сорные растения и большинство крупных сорных растений во всех вариантах с применением пеларгоновой кислоты погибли (табл. 3). При проведении детального осмотра делянок было отмечено, что у отдельных крупных экземпляров сорных растений остались неповрежденными стебли и участки листьев, что коррелирует с данными, полученными Stmáříš с соавторами (2018), а также Muñoz с соавторами (2022).

Это явление наблюдалось преимущественно в вариантах с меньшими нормами применения пеларгоновой кислоты (0.3 и 0.5 л/100 м²). Так, у многих растений аистника цикутного сохранилась неповрежденная точка роста, и в дальнейшем они начали отрастать (рис. 8).



Рисунок 8. Растения аистника цикутного после применения пеларгоновой кислоты (2023 г.)

Figure 8. Plants of *Erodium cicutarium* after application of pelargonic acid (2023)

Как и в опыте первого года исследований, с течением времени на обработанных пеларгоновой кислотой делянках происходило появление второй волны сорных растений. Быстро, но неравномерно на опытном участке появились всходы ежовника обыкновенного.

Через две недели после обработки снижение количества однолетних злаковых сорных растений в варианте с максимальной нормой применения пеларгоновой кислоты (1.0 л/100 м²) составило 72.7%, снижение массы – 87.9%. Эффективность 0.5 и 0.7 л/100 м² пеларгоновой кислоты была в среднем на 10% ниже. В варианте с использованием 0.3 л/100 м² пеларгоновой кислоты эффективность по действию на растения ежовника обыкновенного была невысокой: 39.4% (снижение количества) и 65.2% (снижение массы) (табл. 4).

Снижение количества однолетних и многолетних двудольных сорных растений в вариантах с внесением 0.7 и 1.0 л/100 м² пеларгоновой кислоты находилось в пределах 88.6–92.1%, снижение их массы – 96.3–98.4%. Показатели эффективности 0.5 л/100 м² пеларгоновой кислоты составляли соответственно 80.0–81.4% и 91.1–95.2%. В варианте с минимальной нормой применения пеларгоновой кислоты (0.3 л/100 м²) снижение количества двудольных сорных растений достигало 70%, снижение массы однолетних двудольных сорных растений – 85.6%, снижение массы многолетних двудольных сорных растений – 94.3% (табл. 4).

В дальнейшем заращение опытных делянок продолжилось, и показатели эффективности пеларгоновой кислоты снизились. Через 29 дней после обработки количество однолетних злаковых сорных растений в вариантах с пеларгоновой кислотой не отличалось от контрольного показателя, тогда как снижение их массы было существенным и составляло 62.7–81.8%. Во время этого учета отмечено, что использование 0.3 л/100 м² пеларгоновой кислоты слабо сдерживало появление и разрастание двудольных видов сорных растений. Снижение количества однолетних двудольных сорных растений в этом варианте не превышало 43%, снижение массы – 56%. Против многолетних двудольных сорных растений эффективность не превышала 69%. В вариантах с большими нормами применения пеларгоновой кислоты снижение количества

однолетних двудольных сорных растений находилось в пределах 71.3–77.9%, снижение массы – 82.9–88.3%, что существенно превосходило показатели эффективности 0.3 л/100 м² пеларгоновой кислоты. Кроме того, в вариантах

с внесением 0.5 и 0.7 л/100 м² пеларгоновой кислоты сохранялась на высоком уровне (более 80%) эффективность снижения массы многолетних двудольных сорных растений (табл. 4).

Заключение

В условиях высокой засоренности опытного участка применение пеларгоновой кислоты приводило к быстрому уничтожению большинства видов сорных растений. Наиболее эффективно пеларгоновая кислота действовала на сорные растения, находящиеся в ранних фазах развития. Из представленных на опытном участке видов сорных растений наименьшую чувствительность к пеларгоновой кислоте проявили растения горчицы полевой и аистника цикутного, у которых в основном отмечались многочисленные ожоги. Данная тенденция наиболее ярко проявлялась в вариантах с меньшими нормами применения пеларгоновой кислоты (0.3 и 0.5 л/100 м²). Выявлено, что действие пеларгоновой кислоты является кратковременным с точки зрения защитного эффекта: через 15 суток

обработанные пеларгоновой кислотой делянки зарастали растениями ежовника обыкновенного и не отличались от контроля. Через 30 суток на делянках, обработанных 0.3 л/100 м² пеларгоновой кислоты, происходило активное развитие однолетних двудольных сорных растений. Полученные в опытах данные свидетельствуют о том, что использование пеларгоновой кислоты в качестве гербицида можно рассматривать как компонент в составе комплекса мероприятий по борьбе с сорными растениями. Одиночное ее применение выглядит наиболее целесообразным на землях, не предназначенных под посев сельскохозяйственных культур, в случаях, когда требуется оперативное уничтожение сорных растений, а продолжительность защитного эффекта является менее важным фактором.

Библиографический список (References)

- Бобылев ВС (2012) Сорные растения и эффективность природных кормовых угодий. *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии* 1(1):68–70
- Голубев АС, Маханькова ТА (2020) Методические рекомендации по проведению регистрационных испытаний гербицидов. СПб.: ВИЗР. 80 с.
- Barker AV, Probst RG (2014) Management of Vegetation by Alternative Practices in Fields and Roadsides. *Internat J Agron* 207828. <http://dx.doi.org/10.1155/2014/207828>
- Bhowmick MK, Duany B, Bhattacharyya P, Dhara MC, Biswas PK (2017) Herbicidal management of weeds in noncrop areas. *Internat J Bio-res Env Agric Sci* 3(1):477–481
- Capinera JL (2005) Relationships between insect pests and weeds: an evolutionary perspective. *Weed Sci* 53(6): 892–901. <https://doi.org/10.1614/WS-04-049R.1>
- Ciriminna R, Fidalgo A, Ilharco LM, Pagliaro M (2019) Herbicides based on pelargonic acid: Herbicides of the bioeconomy. *Biofuels Bioprod Bioref* 13: 1476–1482. <https://doi.org/10.1002/bbb.2046>
- Crmaric I, Keller M, Krauss J, Delabays N (2018). Efficacy of natural fatty acid based herbicides on mixed weed stands. In Nordmeyer H, Ulber L (eds.), Tagungsband 28. Deutsche Arbeitsbesprechung über Fragen der Unkrautbiologie und – bekämpfung: 27. Braunschweig: Julius Kühn-Institut. 328–333. <https://doi.org/10.5073/jka.2018.458.048>
- DiTomaso JM (2000) Invasive weeds in rangelands: Species, impacts, and management. *Weed Sci* 48(2):255–265. [https://doi.org/10.1614/0043-1745\(2000\)048\[0255:IWIRSI\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1614/0043-1745(2000)048[0255:IWIRSI]2.0.CO;2)
- Fu D, Wu X, Huang N, Duan C (2018) Effects of the invasive herb *Ageratina adenophora* on understory plant communities and tree seedling growth in *Pinus yunnanensis* forests in Yunnan, China. *J Forest Res* 23(2):112–119. <https://doi.org/10.1080/13416979.2018.1429202>
- Fukuda M, Tsujino Y, Fujimori T, Wakabayashi K, Böger P (2004) Phytotoxic activity of middle-chain fatty acids I: effects on cell constituents. *Pesticide Biochem Physiol* 80(3):143–150. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048357504000793>
- Gadermaier G, Hauser M, Ferreira F (2014) Allergens of weed pollen: an overview on recombinant and natural molecules. *Methods* 66(1):55–66. <https://doi.org/10.1016/j.ymeth.2013.06.014>
- Ganji E and Andert S (2024) The effect of two-year application of pelargonic acid on the growth of *Cirsium arvense* (L.) Scop. and *Sonchus arvensis* L. *Front Agron* 6: 1330199. <https://doi.org/10.3389/fagro.2024.1330199>
- Gibbons SM, Lekberg Y, Mummey DL, Sangwan N, Ramsey PW, Gilbert JA (2017) Invasive plants rapidly reshape soil properties in a grassland ecosystem. *mSystems* 2(2): e00178–16. <https://doi.org/10.1128/mSystems.00178–16>
- Grijincu M, Huțu I, Weber M, Babaev E, Stolz F, Valenta R, Păunescu V, Panaitescu C, Chen KW (2023) Physicochemical and immunological characterization of Amb a 12, a novel ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*) pollen allergen. *Mol Immunol* 157:18–29. <https://doi.org/10.1016/j.molimm.2023.03.012>
- Heap I (2024) The international herbicide-resistant weed database. <http://www.weedscience.org> (05.12.24)
- James LF, Gardner DR, Lee ST, Panter KE, Pfister JA, Ralphs MH, Stegelmeier BL (2005) Important poisonous plants on rangelands. *Rangelands* 27(5):3–9. [https://doi.org/10.2111/1551-501X\(2005\)27\[3:IPPOR\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2111/1551-501X(2005)27[3:IPPOR]2.0.CO;2)
- Kacheche R, Mzuza M (2021) Environmental impacts of invasive alien plant species on the biodiversity of the Nyika National Park, Rumphi District, Malawi. *Am J Plant Sci* 12(10):1503–1514. <https://doi.org/10.4236/ajps.2021.1210106>
- Kaur N, Sethi R, Bhullar MS (2020) Weed management in non-cropped areas with pre-mix of indaziflam and glyphosate in Punjab. *Ind J Weed Sci* 52(4):358–361. <https://doi.org/10.5958/0974-8164.2020.00071.4>
- Kefelegn H (2015). Invasive alien weed species impacts on biodiversity and socio-economic aspect in Ethiopia: a review. *Internat J Sci Res* 4(10)
- Kewat ML, Meena V, Sharma N, Jha AK (2008) Effect of time of application on the efficacy of Combi and glyphosate against paragrass in non-cropped area. *Ind J Weed Sci* 40 (3&4):159–161

- Kumar RP, Singh JS (2020) Invasive alien plant species: Their impact on environment, ecosystem services and human health *Ecol Indic* 111:106020. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.106020>
- Kumar S, Bhowmick MK, Ray P (2021) Weeds as alternate and alternative hosts of crop pests. *Ind J Weed Sci* 53(1):14–29. <https://doi.org/10.5958/0974-8164.2021.00002.2>
- Loddo D, Jagarapu KK, Strati E, Trespidi G, Nikolić N, Masin R, Berti A, Otto S (2023) Assessing herbicide efficacy of pelargonic acid on several weed species. *Agronomy* 13(6):1511. <https://doi.org/10.3390/agronomy13061511>
- Loddo D, McElroy JS, Giannini V (2021) Problems and perspectives in weed management. *Italian J Agron* 16:1854. <https://doi.org/10.4081/ija.2021.1854>
- Martelloni L, Frascioni C, Sportelli M, Fontanelli M, Raffaelli M, Peruzzi A (2020) Flaming, glyphosate, hot foam and nonanoic acid for weed control: a comparison. *Agronomy* 10(1):129. <https://doi.org/10.3390/agronomy10010129>
- Montull JM, Torra J (2023) Herbicide resistance is increasing in Spain: concomitant management and prevention. *Plants* 12(3):469. <https://doi.org/10.3390/plants12030469>
- Muñoz M, Torres-Pagán N, Jouini A, Araniti F, Sánchez-Moreiras AM, Verdeguer M (2022) Control of problematic weeds in mediterranean vineyards with the bioherbicide pelargonic acid. *Agronomy* 12(10):2476. <https://doi.org/10.3390/agronomy12102476>
- Muñoz M, Torres-Pagán N, Peiró R, Guijarro R, Sánchez-Moreiras AM, Verdeguer M (2020) Phytotoxic effects of three natural compounds: pelargonic acid, carvacrol, and cinnamic aldehyde, against problematic weeds in mediterranean crops. *Agronomy* 10(6):791. <https://doi.org/10.3390/agronomy10060791>
- Nath CP, Singh RG, Choudhary VK, Datta D, Nandan R, Singh SS (2024) Challenges and alternatives of herbicide-based weed management. *Agronomy* 14(1):126. <https://doi.org/10.3390/agronomy14010126>
- Norris RF, Kogan M (2005) Ecology of interactions between weeds and arthropods. *Ann Rev Entomol* 50(1):479–503. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.49.061802.123218>
- Patel T, Chaudhary C, Paramar P (2023) Weed control in non-cropped situation using herbicides and their combinations. *Ind J Weed Sci* 55(1):115–118. <http://dx.doi.org/10.5958/0974-8164.2023.00021.7>
- Patel TU, Zinzala MJ, Patel DD, Patel HH, Italiya AP (2017) Weed management influence on weed dynamics and yield of summer lady's finger. *Ind J Weed Sci* 49(3):263–265. <http://dx.doi.org/10.5958/0974-8164.2023.00021.7>
- Perotti VE, Larran AS, Palmieri VE, Martinatto AK, Permingeat HR (2020) Herbicide resistant weeds: A call to integrate conventional agricultural practices, molecular biology knowledge and new technologies. *Plant Sci* 290:110255. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2019.110255>
- Poiger T, Müller J, Kasteel R, Buerge IJ (2024) Degradation and sorption of the herbicide pelargonic acid in subsoils below railway tracks compared to a range of topsoils. *Environ Sci Eur* 36:4. <https://doi.org/10.1186/s12302-023-00825-1>
- Rao AN, Singh RG, Mahajan G, Wani SP (2020) Weed research issues, challenges, and opportunities in India. *Crop Protection* 134:104451. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2018.02.003>
- Santos EA, Correia NM, Silva JRM, Velini ED, Passos ABRJ, Durigan JC (2015). Herbicide detection in groundwater in Córrego Rico-SP watershed. *Planta Daninha* 33(1): 147–155. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582015000100017>
- Shackleton RT, Shackleton CM, Kull CA (2019) The role of invasive alien species in shaping local livelihoods and human well-being: A review. *J Environ Manag* 229:145–157. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.05.007>
- Szabo AK, Varallyay E, Demian E, Hegyi A, Galbacs ZN et al. (2020). Local aphid species infestation on invasive weeds affects virus infection of nearest crops under different management systems – a preliminary study. *Front Plant Sci* 11: 684. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00684>
- Thomas MC, Flores F, Kaserzon S et al. (2020) Toxicity of the herbicides diuron, propazine, tebuthiuron, and haloxyfop to the diatom *Chaetoceros muelleri*. *Sci Rep* 10:19592. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-76363-0>
- Travlos I, Rapti E, Gazoulis I, Kanatas P, Tataridas A, Kakabouki I, Papastylianou P (2020) The herbicidal potential of different pelargonic acid products and essential oils against several important weed species. *Agronomy* 10(11):1687. <https://doi.org/10.3390/agronomy10111687>
- van Bruggen AHC, Finckh MR, He M, Ritsema CJ, Harkes P, Knuth D, Geissen V (2021) Indirect effects of the herbicide glyphosate on plant, animal and human health through its effects on microbial communities. *Front Environ Sci* 9:763917. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.763917>
- Webber CL, III, Taylor MJ, Shrefler JW (2014a) Weed control in sweet bell pepper using sequential postdirected applications of pelargonic acid. *HortTechnology* 24(6):663–667. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.24.6.663>
- Webber CL, III, Taylor MJ, Shrefler JW (2014b) Weed control in yellow squash using sequential postdirected applications of pelargonic acid. *HortTechnology* 24(1):25–29. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.24.1.25>
- Webber CL, Shrefler JW (2006) Pelargonic acid weed control parameters. *HortScience* 41(4):1034D-1034. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.41.4.1034D>
- Woyessa D (2022). Weed Control Methods Used in Agriculture. *Am J Life Sci Innov* 1(1):19–26. <https://doi.org/10.54536/ajlsi.v1i1.413>
- Zdrojewicz Z, Stebnicki M, Stebnicki M (2016) Barszcz Sosnowskiego – toksykologia a zagrożenie dla zdrowia [Sosnowsky's hogweed – toxicology and threat to health]. *Pol Merkur Lek* 41(243):165–168
- Zilnik G, Bergeron PE, Chuang A, Diepenbrock L, Hanel A, Middleton E, Moretti E, Schmidt-Jeffris R (2023) Meta-analysis of herbicide non-target effects on pest natural enemies. *Insects* 14:787. <https://doi.org/10.3390/insects14100787>
- Zubair M, Habib-ur-Rahman, Jilani MS, Kiran M, Waseem M, Khattak AM, Rahim A, Khan A, Qayyum A, Wahab A (2009). Comparison of different weed management practices in onion (*Allium cepa* L.) under agroclimatic conditions of Dera Ismail Khan, Pakistan. *Pak J Weed Sci Res* 15(1):45–51

Translation of Russian References

- Bobylev VS (2012) [Weeds and the efficiency of natural forage lands]. *Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii* 1(1):68–70 (In Russian)
- Golubev AS, Makhankova TA (2020) [Guidelines for registration tests of herbicides]. St. Petersburg: VIZR. 80 p. (In Russian)

Plant Protection News, 2025, 108(1), p. 13–22

OECD+WoS: 4.01+AM (Agronomy)

<https://doi.org/10.31993/2308-6459-2025-108-1-16820>

Full-text article

EFFICACY OF PELARGONIC ACID ON NON-CROPPED LANDS

A.S. Tkach*, A.S. Golubev, P.I. Borushko, S.I. Redyuk, V.G. Chernukha

All-Russian Institute of Plant Protection, St. Petersburg, Russia

**corresponding author, e-mail: andrew_tka4@mail.ru*

This study presents the results of a two-year field experiment (2022 and 2023) conducted on non-cropped lands in Leningrad region near of All-Russian Research Institute of Plant Protection. The aim of the study was to evaluate the biological effectiveness of pelargonic acid on non-cropped lands. The experimental setup included an untreated control and four different application rates (0.3; 0.5; 0.7 and 1.0 l/100 m²) of pelargonic acid. The experiments were carried out in randomized block design with four replications in accordance with the guidelines for testing herbicides. Net plot size was 25 m². During the experiments, annual and perennial dicotyledonous, as well as annual cereal weed species, were found on the experimental plots. The total number of weeds in the experimental plots exceeded 250 plants/m². It was revealed that a few hours after treatments, such weeds as *Echinochloa crusgalli*, *Fallopia convolvulus*, *Polygonum lapathifolium*, *Chenopodium album*, *Spergula arvensis* and *Sonchus arvensis* regardless of their stage of development turned brown and withered. *Sinapis arvensis* and *Erodium cicutarium* were less sensitive to treatments with 0.3 and 0.5 l/100 m² of pelargonic acid. The pelargonic acid caused only temporary control against weeds. In the present study, the weeds recovered about 15 days after treatment: new shoots of *Echinochloa crusgalli* began to appear on all plots treated with pelargonic acid and did not differ compared to the untreated control. By the 30 days after treatment, the shoots of annual dicotyledonous weeds began to appear on plots treated with 0.3 l/100 m² of pelargonic acid. The data obtained from experiments indicate that the use of pelargonic acid as a herbicide can be considered as a component of an integrated weed management strategy. Its use as a stand-alone tactic seems most appropriate on non-cropped lands, in cases where rapid weed control is required, and the duration of the protective effect is a less important factor.

Keywords: pelargonic acid, herbicide, weed, non-cropped lands

Submitted: 11.02.2025

Accepted: 07.05.2025

ПЕРВОЕ ОБНАРУЖЕНИЕ ГРИБА *ALLOPHOMA ZANTEDESCHIAE* НА МАРИ БЕЛОЙ *CHENOPodium ALBUM* В РОССИИ

М.М. Гомжина*, Е.Л. Гасич

Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Санкт-Петербург

*ответственный за переписку, e-mail: gomzhina91@mail.ru

Марь белая *Chenopodium album* – широко распространённое в России вредоносное сорное растение. Из листьев мари белой с симптомами пятнистости был выделен штамм MF-32.211, идентифицированный по морфологическим признакам, как *Phoma* sp. Целью данного исследования являлась идентификация возбудителя пятнистости листьев по молекулярно-генетическим, микроморфологическим и культуральным признакам и оценка его патогенности. Мультилокусный филогенетический анализ, основанный на последовательностях области внутреннего транскрибируемого спейсера (ITS) и большой субъединицы (28S) рДНК и участков, ответственных за синтез β -тубулина и второй большой субъединицы фермента РНК-полимеразы II позволил идентифицировать этот штамм как *Allophoma zantedeschiae*. В результате оценки патогенности, штамм *A. zantedeschiae* MF-32.211 оказался патогенным для мари белой, приводя к развитию некрозов на интактных отрезках листьев. Патогенные свойства были подтверждены реинокуляцией штамма *A. zantedeschiae* из поражённых растений. Это первая находка *A. zantedeschiae* на мари белой, которая не была известна как возможный хозяин для этого гриба. Также это первое обнаружение *A. zantedeschiae* на территории России.

Ключевые слова: фомоидные грибы, идентификация, марь белая, молекулярная филогения, патогенность, пятнистость листьев

Поступила в редакцию: 12.02.2025

Принята к печати: 29.03.2025

Введение

Род *Allophoma* Qian Chen & L. Cai входит в состав крупной, гетерогенной и таксономически сложной группы грибов – фомоидные грибы. Род *Allophoma* (*Dothideomycetes*, *Pleosporomycetidae*, *Pleosporales*, *Didymellaceae*, <https://www.mycobank.org/>) был описан в 2015 году (Chen et al., 2015) и объединил в своём составе пять ранее описанных видов *Phoma* Sacc. с типовым видом *Allophoma tropica* (R. Schneid. & Voerema) Qian Chen & L. Cai. Сейчас в составе рода насчитывают 17 видов (<https://www.mycobank.org/>). Среди видов *Allophoma* есть как почвенные сапротрофы, сапрофиты, так и возбудители заболеваний различных растений (Voerema et al., 2004, Jayawardena et al., 2025). *Allophoma acanthi* Aumentado, Jayaward, B.G. Jones & K.D. Hyde вызывает пятнистость листьев *Acanthus ilicifolius* L. (Aumentado et al., 2024). *Allophoma labilis* (Sacc.) Qian Chen & L. Cai – патоген *Cucurbita* spp. в Турции (Demir et al., 2023). Виды *Allophoma*, как и все фомоидные грибы, обладают крайне скудным набором морфологических признаков, диапазон варьирования которых перекрывается не только между видами одного рода, но и между видами разных родов. Поэтому идентификация видов на основании морфологических признаков невозможна (Гомжина, Ганнибал, 2017). Корректную и надёжную идентификацию видов *Allophoma* до таксонов уровня вида можно осуществлять только применением полифазного подхода, анализируя в совокупности набор морфологических и молекулярно-генетических признаков (Гомжина, Ганнибал, 2017, Hou et al., 2020). Таксономически информативными локусами ДНК, используемыми для идентификации видов *Allophoma*, являются области внутреннего транскрибируемого спейсера (ITS) и большой субъединицы (28S) рДНК и участки генов, ответственных за синтез белков

β -тубулина (*tub2*) и второй большой субъединицы фермента РНК-полимеразы II (*rpb2*) (Chen et al., 2017; Jayawardena et al., 2025). В России виды *Allophoma* никогда не были выявлены.

Исследования, направленные на изучение биоразнообразия микромицетов, ассоциированных с сорными растениями, имеют несомненную актуальность, теоретическую и практическую значимость. Сорные растения, произрастающие на одних полях или в непосредственной близости к культивируемым растениям, могут служить с одной стороны резервуарами инфекции культурных растений, с другой – хозяевами видов грибов – потенциальных агентов новых болезней сельскохозяйственных культур. Некоторые виды фомоидных грибов являются продуцентами биологически активных веществ гербицидной природы (Берестецкий и др., 2017; Lukina et al., 2024), грибы с таким потенциалом могут быть перспективны с точки зрения биотехнологии для создания экологически малоопасных или безопасных биологических гербицидов. Марь белая (*Chenopodium album* L.) – вредоносное сорное растение, которое распространено повсеместно, кроме Антарктиды и повсеместно в России (<https://powo.science.kew.org/>). Засоряет посевы сельскохозяйственных культур, приусадебные участки, встречается в городской среде и рудеральных местообитаниях.

В июле 2013 в Ставропольском крае, Будённовском районе, селе Прасковья были собраны листья мари белой с симптомами пятнистости грибной этиологии. Целью данного исследования являлась идентификация возбудителя такой пятнистости по молекулярно-генетическим, микроморфологическим и культуральным признакам и оценка его патогенности.

Материал и методы

Листья мари белой поверхностно стерилизовали 0.1% раствором AgNO₃. Затем фрагменты листьев раскладывали на агаризованную картофельно-сахарозную питательную среду (КСА). Чашки Петри инкубировали при 24 °С в темноте. Из листьев был выделен изолят, который по микроморфологическим признакам был идентифицирован как *Phoma* sp. Штамму был присвоен номер MF-32.211, он хранится в коллекции чистых культур микромицетов лаборатории микологии и фитопатологии ВИЗР (МФ).

Мицелий для экстракции ДНК был собран с поверхности 14-суточных чистых культур, выращенных на КСА при 24 °С. ДНК выделяли согласно стандартному методу СТАВ/хлороформ (Doyle, Doyle, 1990). Были определены нуклеотидные последовательности ITS, 28S, *rpb2* и *tub2*. Амплификацию фрагментов проводили по протоколам авторов с использованием праймеров: ITS-локус – ITS1/ITS4 (White et al., 1990), 28S – LR0R (Rehner, Samuels, 1994)/LR5 (White et al., 1990), *tub2* – βtub2Fw/βtub4Rd (Aveskamp et al., 2009), *rpb2* – fRPB2-5F2 (Sung et al., 2007)/fRPB2-7cR (Liu et al., 1999). Нуклеотидные последовательности фрагментов определяли по методу Сэнгера на секвенаторе ABIPrism 3500 (Applied Biosystems – Hitachi, Япония) в соответствии с протоколами производителя с

использованием набора реактивов с флуоресцентно мечеными дезоксирибонуклеозидтрифосфатами BigDye Terminator v. 3.1 Cycle Sequencing Kit (ABI, США).

Филогенетические деревья были построены согласно трём алгоритмам. Метод максимального правдоподобия (maximum likelihood – ML) был применен с использованием программного обеспечения IQ-TREE (Minh et al., 2020). Оптимальная модель нуклеотидных замен TNe+R2 была определена согласно Байесовскому информационному критерию (BIC) в программе IQ-TREE. Принцип максимальной экономии (maximum parsimony – MP) – в программном обеспечении Molecular Evolutionary Genetics Analysis версии 10 (MEGA X; Kumar et al., 2018). Анализ последовательностей методом Байесовской статистики (BI) был проведен с использованием программы Mr. Bayes v. 3.2.1., интегрированной в платформу Armadillo v. 1.1 (Lord et al., 2012). Надежность топологии дендрограмм, построенных разными методами, была оценена с помощью бутстреп-анализа с 10000 повторностей. В качестве референсных были использованы полученные из базы данных GenBank последовательности ITS, 28S, *rpb2* и *tub2* всех видов на настоящий момент описанных для рода *Allophoma* (табл. 1). В качестве внешней

Таблица 1. Номера доступа в ГенБанке исследованного и референсных штаммов *Allophoma*, включенных в исследование

Table 1. GenBank accession numbers of the examined and reference *Allophoma* strains

Вид гриба Fungal species	№ Штамма, статус Strain #, status	Номера доступа сиквенов в GenBank GenBank accession #			
		ITS	28S	<i>rpb2</i>	<i>tub2</i>
<i>Allophoma acanthi</i>	MFLUCC 24- 0002, t*	PP218067	PP218113	PP278003	PP277995
<i>A. alba</i>	CBS 120422, t	MN973469	MN943671	MT018044	MT005568
<i>A. anatii</i>	CBS 124673, t	MN973472	MN943674	MT018048	MT005571
<i>A. brasiliensis</i>	URM 8453, t	OM692214	ON678611	ON715834	ON715830
<i>A. cylindrispora</i>	CBS 142453, t	LT592920	LN907376	LT593058	LT592989
<i>A. hayatii</i>	CBS 142859, t	KY684812	KY684814	MF095108	KY684816
<i>A. labilis</i>	CBS 479.93; PD 70/93, r	GU237868	GU238092	MN983277	GU237620
<i>A. minor</i>	CBS 325.82, t	GU237831	GU238107	KT389553	GU237632
<i>A. nicaraguensis</i>	CBS 506.91; IMI 215229, t	GU237876	GU238058	KT389551	GU237596
<i>A. oligotrophica</i>	CGMCC 3.18114; LC 6245, t	KY742040	KY742194	KY742128	KY742282
<i>A. piperis</i>	CBS 268.93; PD 88/720, t	GU237816	GU238129	KT389554	GU237644
<i>A. pterospermicola</i>	CGMCC 3.19245, t	MK088573	MK088580	MK088587	MK088594
<i>A. siamensis</i>	MFLUCC 17-2422, t	MK347742	MK347959	MK434912	MK412867
<i>A. thistleharrisiae</i>	BRIP 74766a, t	OR947063	OR947076	OR964956	OR964957
<i>A. tropica</i>	CBS 436.75; DSM 63365, t	GU237864	NG_069057	KT389556	GU237663
<i>A. yuccae</i>	IRAN 4238C, t	OP805927	-	OP838915	OP838917
<i>A. zantedeschiae</i>	CBS 131.93; PD 69/140	FJ427084	GU238159	KT389557	FJ427188
<i>A. zantedeschiae</i>	CBS 229.32	KT389473	KT389690	KT389558	KT389767
<i>A. zantedeschiae</i>	CBS 107.42	MN972692	MN973068	MN983284	MN983709
<i>A. zantedeschiae</i>	CBS 113.53	MN973471	MN943673	MT018047	MT005570
<i>A. zantedeschiae</i>	CBS 106.42	MN972691	MN973067	MN983283	MN983708
<i>A. zantedeschiae</i>	CBS 108.42	MN972693	MN973069	MN983285	MN983710
<i>A. zantedeschiae</i>	ICMP 16850	KY742043	KY742197	KY742131	KY742285
<i>A. zantedeschiae</i>	MF-32.211**	PP756448	PQ882063	PQ963732	PQ963760
<i>Macroaschochyta grandis</i>	CBS 100409	GU237712	GU238057	MT018063	GU237593

* Штаммы, нуклеотидные последовательности которых использовались в филогенетическом анализе в качестве референсных. ** Полу жирным шрифтом отмечен исследуемый штамм и его нуклеотидные последовательности, полученные в данном исследовании. t – типовой штамм; r – репрезентативный штамм.

* Strains used as references in phylogenetic analyses. ** Bold font indicates the strain investigated in the present study and its nucleotide sequences obtained in the present study. t – ex-type strain; r – representative strain.

группы были взяты последовательности типового штамма *Macroaschochyta grandis* L.W. Hou, L. Cai & Crous (CBS 100409).

Для оценки культуральных признаков штамм выращивали на трёх агаризованных питательных средах, традиционно используемых для изучения фомоидных грибов, а именно, на КСА, овсяной (ОА) и солодовой (МЕА) (Voerema et al., 2004). Штамм культивировали в течение 14 суток при 24 °С. Первые семь суток в темноте, следующие семь – при переменном облучении ближним УФ (280–400 нм) в режиме день/ночь (12/12 ч). Описание колоний и микроморфологических (на ОА) признаков осуществляли на 14-е сутки. Наблюдения и измерения по 100 конидий и конидиогенных клеток, по 50 пикнид были осуществлены на стереомикроскопе Olympus SZX16 (Olympus, Tokyo, Japan) и на микроскопе Olympus BX53. Микрофотографии были получены с камеры PROKYON (Jenoptik, Jena, Germany) с дифференциальным интерференционным контрастом.

Изучение патогенности штамма MF-32.211 в отношении мари белой осуществляли путём искусственного

заражения отрезков листьев в лабораторных условиях. В качестве инокулюма использовали мицелиальную суспензию, полученную при культивировании штамма на жидкой соевой среде (KH_2PO_4 – 2 г; $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ – 1 г; MgSO_4 – 1 г; глюкоза – 20 г; соевая мука – 10 г; вода – 1 л; 50 мл среды на 250 мл колбу) в течение четырёх суток на качалке (200 об./мин). Мицелий отделяли от культуральной жидкости, отжимали и измельчали, концентрацию мицелия доводили до 50 мг/мл. Отрезки листьев раскладывали в чашки Петри на увлажненную стерильной водой фильтровальную бумагу. В центр листового отрезка помещали каплю (10 мкл) мицелиальной суспензии. Инокулюм наносили на нижнюю интактную поверхность листа. Чашки Петри инкубировали на лабораторном столе при естественном освещении. Диаметр некрозов измеряли на третьи и седьмые сутки. Эксперимент был выполнен в пяти повторностях. В качестве отрицательного контроля, отрезки листьев были инокулированы стерильной водой. Для подтверждения постулатов Коха, из отрезков листьев был реизолирован штамм и проведена его идентификация по морфологическим признакам.

Результаты и обсуждение

Филогенетический анализ, основанный на нуклеотидных последовательностях четырёх филогенетически информативных локусов ДНК (ITS, 28S, *rpb2* и *tub2*), включал 25 штаммов. Выборка объединяла исследуемый штамм, типовые или репрезентативные штаммы, представляющие на настоящий момент все виды, принятые в роде *Allophoma* (17) и внешнюю группу *M. grandis*. Общая длина матрицы для каждого штамма составила 2239 пар нуклеотидов, ITS – 476 п.н., 28S – 858 п.н., *rpb2* – 596 п.н., и *tub2* – 309 п.н., из них 341 п.н. (15%) были вариабельны, а 1896 п.н. (85%) – консервативны.

Топология филограммы, построенных разными методами на основании последовательностей каждого локуса в отдельности, совпадали с топологией комбинированной филограммы (рис. 1). Штамм MF-32.211 составил единую кладу вместе с семью надёжно идентифицированными штаммами *Allophoma zantedeschiae* (Dippen.) Qian Chen & L. Cai, значения бутстреп-поддержки составили ML 100, MP 100, BI 1. Таким образом, принадлежность штамма MF-32.211 виду *A. zantedeschiae* считали установленной.

На КСА колонии на седьмые сутки – 71.2 ± 0.6 мм, на 14 – достигают края чашки. Сверху покрыты обильным войлочным мицелием алюминиево-серого цвета, субстратный мицелий по периферии колонии оливково-коричневый, реверс тёмно-бурый, практически чёрный, край колонии крапчатый из-за многочисленных погружённых пикнид. На ОА колонии на седьмые сутки – 54.2 ± 0.6 мм, на 14 – достигают края чашки. Колония оливково-бурая, сверху в центре покрыта войлочным воздушным мицелием бежево-серого цвета, крапчатая из-за многочисленных погружённых пикнид, реверс сходный. На МЕА колонии на седьмые сутки – 55.9 ± 0.5 мм, на 14 – достигают края чашки. Вся колония покрытая обильным бархатистым серебристо-кремовым воздушным мицелием, растущим

концентрическими кругами, реверс тёмно-серо-зелёный (рис. 2). Пикниды одиночные, полупогружённые, тёмные, округлые и грушевидные, с одним или двумя короткими шейками, покрытыми мицелием, $161\text{--}298$ (230 ± 12) \times $122\text{--}209$ (168 ± 8) мкм. Конидии бобовидные, гиалиновые, одноклеточные, с многочисленными гуттулами, $4.86\text{--}8.28$ (6.34 ± 0.05) \times $2.06\text{--}3.32$ (2.73 ± 0.03) мкм. Конидиогенные клетки гиалиновые, округлые, $5.72\text{--}10.18$ (7.78 ± 0.18) \times $5.54\text{--}9.58$ (6.73 ± 0.16) мкм.

Штамм *A. zantedeschiae* MF-32.211 оказался патогенным для мари белой. На третьи сутки размер некрозов на интактных листьях составил 1.0 ± 1.0 мм, на седьмые – 1.8 ± 1.6 мм. Патоген был реизолирован из отрезков листьев и его морфологические признаки были идентичны исходному штамму.

Гриб *A. zantedeschiae* известен, как возбудитель пятнистости листьев и соцветий *Zantedeschia aethiopica* (L.) Spreng в ЮАР, странах Восточной Европы, Северной и Южной Америке (Voerema et al., 2004; Farr, Rossman, 2025), также обнаружен в ассоциации с луковичками *Calla* sp. в Нидерландах, с листьями *Cicer arietinum* L. в Румынии и *Solanum lycopersicum* L. в Венгрии (Chen et al., 2017; Farr, Rossman, 2025), с листьями *Papaver dubium* L. в Иране (Razaghi, Zafari, 2018; Farr, Rossman, 2025). На мари белой *A. zantedeschiae* ранее не отмечался. Это первое сообщение об обнаружении *A. zantedeschiae* на мари белой и первая находка этого гриба на территории России. Показано, что в России мари белая может выступать резерватом инфекции *A. zantedeschiae*.

Штамм MF-32.211 оказался слабопатогенным для листьев мари белой, поэтому биотехнологические перспективы этого штамма, как агента контроля сорной растительности, неопределённые.

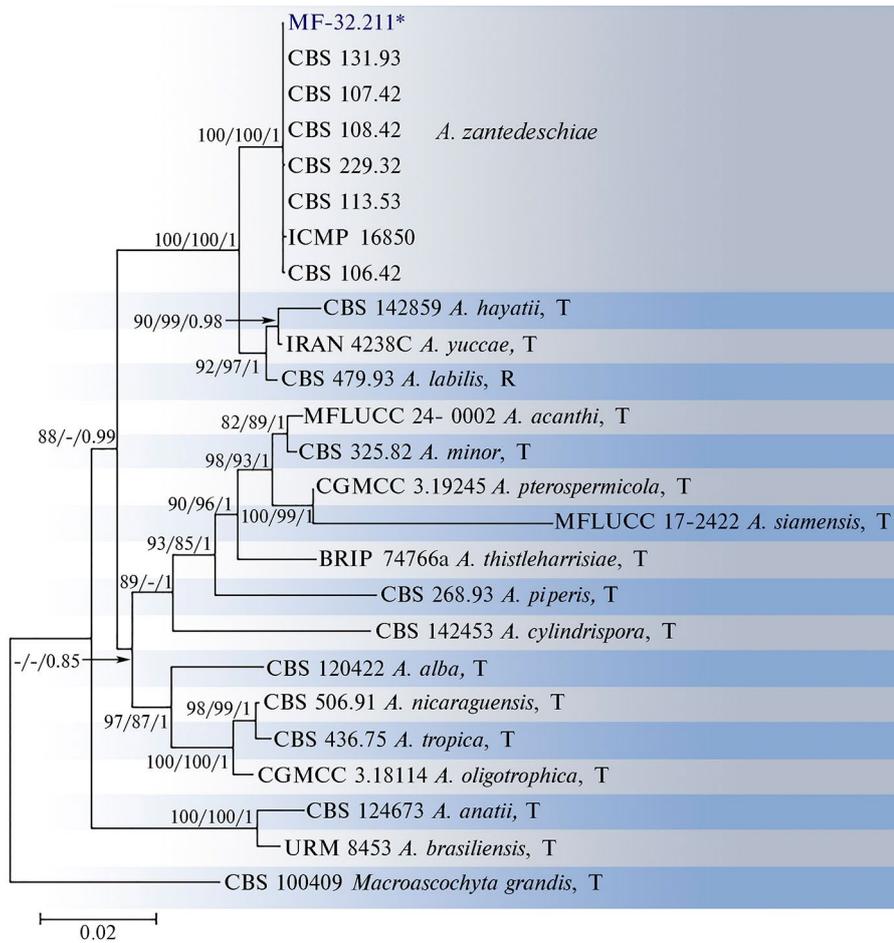


Рисунок 1. Комбинированное филогенетическое дерево видов *Allophoma*, построенное методом ML, основанное на нуклеотидных последовательностях ITS, 28S, *rpb2* и *tub2*. Числовые значения бутстреп-поддержки, полученные методами ML (≥ 70), MP (≥ 70) и BI (≥ 0.7), приведены в узлах ветвей дендрограммы, соответственно. Номер исследованного штамма отмечен звездочкой. Номера типовых и репрезентативных штаммов обозначены буквами Т и R, соответственно

Figure 1. Phylogenetic tree of *Allophoma*, inferred from a maximum likelihood analysis based on a concatenated alignment of ITS, 28S regions, and partial *rpb2* and *tub2*. The maximum likelihood bootstrap support values (MLBS $\geq 70\%$), maximum parsimony bootstrap support values (MPBS $\geq 70\%$), and Bayesian posterior probabilities (BI ≥ 0.70) are given at the nodes (MLBS/MPBS/BPP). Studied strain given with asterisk. The ex-type and representative strains are marked with T and R, respectively

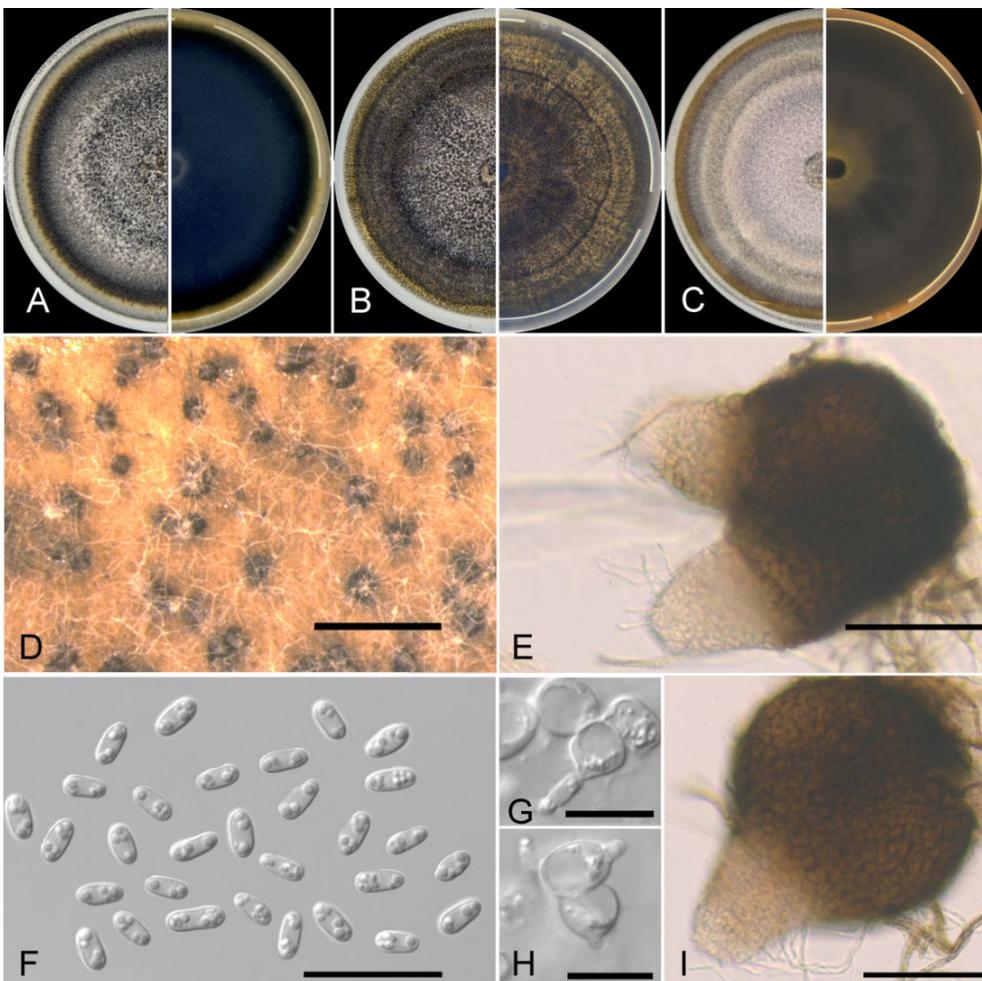


Рисунок 2. *Allophoma zantedeschiae* MF-32.211. А–С. Чистая культура, 14 суток, левая половина – верхняя часть, правая – реверс. А. КСА. В. ОА. С. МЕА. D, E, I. Пикниды на ОА, 14 суток. F. Конидии. G–H. Конидиогенные клетки. Масштабная линейка: D, 1 мм; E и I, 100 мкм; F, 20 мкм; G и H, 10 мкм

Figure 2. *Allophoma zantedeschiae* MF-32.211. A–C. Pure cultures, 14 days of growth, left half – front, right – reverse. A. PSA. B. OA. C. MEA. D, E, I. Pycnidia on OA, 14 days of growth. F. Conidia. G–H. Conidiogenous cells. Scale bars: D, 1 mm; E and I, 100 μm ; F, 20 μm ; G and H, 10 μm

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 23-74-01035).

Библиографический список (References)

- Берестецкий АО, Пантелеева АС, Ганнибал ФБ, Гомжина ММ, Гасич ЕЛ и др (2017) Физиолого-биохимические свойства и биологическая активность фомоидных грибов, выделенных из филлосферы сорных и дикорастущих травянистых растений. *Микология и фитопатология* 51(5): 283–291.
- Гомжина ММ, Ганнибал ФБ (2017) Современная систематика грибов рода *Phoma* sensu lato. *Микология и фитопатология* 51(5):268–275.
- Allophoma*. <https://www.mycobank.org/page/Name%20details%20page/545448> (10.03.2025)
- Aumentado HD, Armand A, Chethana KT, Phukhamsakda C, Norphanphoun C et al (2024) Novel species, morpho-molecular identification and pathogenicity of *Allophoma* (*Didymellaceae*) causing leaf spots of true mangroves and mangrove associates in Thailand. *Plant Pathol* 73(7):1730–748. <https://doi.org/10.1111/ppa.13928>
- Aveskamp MM, Verkley GJM, de Gruyter J, Murace MA, Perelló A et al (2009) DNA phylogeny reveals polyphyly of *Phoma* section *Peyronellaea* and multiple taxonomic novelties. *Mycologia* 101(3):363–382. <https://doi.org/10.1016/10.3852/08-199>
- Boerema GH, de Gruyter J, Noordeloos ME, Hamers MEC (2004) *Phoma* identification Manual. CABI Publishing. 479 p.
- Chen Q, Jiang JR, Zhang GZ, Cai L, Crous PW (2015) Resolving the *Phoma* enigma. *Stud Mycol* 82:137–217. <https://doi.org/10.1016/j.simyco.2015.10.003>
- Chen Q, Hou LW, Duan WJ, Crous PW, Cai L (2017) *Didymellaceae* revisited. *Stud Mycol* 87:105–159. <https://doi.org/10.1016/j.simyco.2017.06.002>
- Chenopodium album* L. <https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:55993-2> (10.03.2025)
- Demir E, Ozer N, Bayraktar H (2023) Identification of seed-borne fungi in summer (*Cucurbita pepo*) and winter (*Cucurbita moschata*) pumpkins of Turkey. *J Plant Pathol* 105:1087–1101. <https://doi.org/10.1007/s42161-023-01451-9>
- Doyle JJ, Doyle JL (1990) Isolation of plant DNA from fresh tissue. *Focus* 12:13–15.
- Farr DF, Rossman AY U.S. National Fungal Collections Fungal Database. <https://nt.ars-grin.gov/fungaldatabases/> (10.03.2025)
- Hou L, Groenewald J, Pfenning L, Yarden O, Crous P, Cai L (2020) The *Phoma*-like dilemma. *Stud Mycol* 96:309–396. <https://doi.org/10.1016/j.simyco.2020.05.001>
- Jayawardena RS, Hyde KD, Aumentado HDR, Abeywickrama PD, Avasthi S et al (2025) One stop shop V: taxonomic update with molecular phylogeny for important phytopathogenic genera: 101–125 (2024). *Fungal Divers* 130:263–429. <https://doi.org/10.1007/s13225-024-00542-x>
- Kumar S, Stecher G, Li M, Knyaz C, Tamura K (2018) MEGA X: molecular evolutionary genetics analysis across computing platforms. *Mol Biol Evol* 35:1547–1549. <https://doi.org/10.1093/molbev/msy096>
- Liu YJ, Whelen S, Hall BD (1999) Phylogenetic relationships among ascomycetes: evidence from an RNA polymerase II subunit. *Mol Biol Evol* 16(12):1799–1808.
- Lord E, Leclercq M, Boc A, Diallo AB, Makarenkov V (2012) Armadillo 1.1: An original workflow platform for designing and conducting phylogenetic analysis and simulations. *Plos One* 7(1):e29903. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0029903>
- Lukina EG, Gomzhina MM, Dalinova AA, Dubovik VR, Gordina E et al (2024) Reappraisal of *Didymella macrostoma* causing white tip disease of Canada thistle as a new species, *Didymella baileyae*, sp. nov., and bioactivity of its major metabolites. *Mycologia* 116(6):877–902. <https://doi.org/10.1080/00275514.2024.2367470>
- Minh BQ, Schmidt HA, Chernomor O, Schrempf D, Woodhams MD et al (2020) IQ-TREE 2: New models and efficient methods for phylogenetic inference in the genomic era. *Mol Biol Evol* 35(7):1530–4. <https://doi.org/10.1093/molbev/msaa015>
- Razaghi P, Zafari D (2018) Characterization of fungi causing lesion blight on *Papaver dubium* in Iran. *Antonie van Leeuwenhoek* 111:437–455. <https://doi.org/10.1007/s10482-017-0966-8>
- Rehner SA, Samuels GJ (1994) Taxonomy and phylogeny of *Gliocladium* analysed from nuclear large subunit ribosomal DNA sequences. *Mycol Res* 98(6):625–634.
- Sung GH, Sung JM, Hywel-Jones NL, Spatafora JW (2007) A multi-gene phylogeny of *Clavicipitaceae* (Ascomycota, Fungi): identification of localized incongruence using a combinational bootstrap approach. *Mol Phylogenet Evol* 44(3):1204–1223.
- White T, Bruns T, Lee S, Taylor J, Innis M et al (1990) Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. In: Innis MA, Gelfand DH, Sninsky JJ, White TJ, editors. PCR protocols: A guide to the methods and applications. New York (USA): Academic Press. 315–322.

Translation of Russian References

Berestetskiy AO, Panteleeva AS, Gannibal PhB, Gomzhina MM et al (2017) Physiological, biochemical properties and biological activity of *Phoma*-like fungi isolated from phyllosphere of weeds and wild herbaceous plants. *Mikologiya i fitopatologiya* 51(5): 283–291.

Gomzhina MM, Gannibal PB (2017) Modern systematics of the genus *Phoma* sensu lato. *Mikologiya i Fitopatologiya*. 51:268–275.

Plant Protection News, 2025, 108(1), p. 23–28

OECD+WoS: 1.06+RQ (Mycology)

<https://doi.org/10.31993/2308-6459-2025-108-1-16905>

Short communication

FIRST REPORT OF THE FUNGUS *ALLOPHOMA ZANTEDESCHIAE*
ON THE WHITE GOOSEFOOT *CHENOPODIUM ALBUM* IN RUSSIA

M.M. Gomzhina*, E.L. Gasich

All-Russian Institute of Plant Protection, St. Petersburg, Russia

*corresponding author; e-mail: gomzhina91@mail.ru

The white goosefoot *Chenopodium album* is a widespread and harmful weed in Russia. A fungal strain MF-32.211, morphologically similar to *Phoma*, was isolated from *C. album* leaves exhibiting leaf spot symptoms. Multilocus phylogenetic analysis, based on sequences of the internal transcribed spacer and the large subunit rDNA, as well as partial β -tubulin and the second largest subunit of RNA polymerase II, allowed for identification of the fungus as *Allophoma zantedeschiae*. Bioassays demonstrated that it is pathogenic to *C. album*, causing necrosis on intact leaf segments. The pathogenicity was confirmed by re-isolation of *A. zantedeschiae* from infected leaves. This is the first report of *A. zantedeschiae* on *C. album*, which was not previously known as a host for this fungal species. Additionally, this is the first record of *A. zantedeschiae* in Russia.

Keywords: identification, leaf spot, molecular phylogeny, pathogenicity, *Phoma*-like fungi, white goosefoot

Submitted: 12.02.2025

Accepted: 29.03.2025

ИСПЫТАНИЯ ГРИБА *AKANTHOMYCES MUSCARIUS* (ASCOMYCOTA: HYPOCREALES) ПРОТИВ ПАУТИННОГО КЛЕЩА НА ЛОТОСЕ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР**Г.В. Митина*¹, А.А. Чоглокова¹, М.А. Черепанова¹, Е.А. Варфоломеева²**¹Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Санкт-Петербург²Ботанический институт им. В.Л. Комарова, Санкт-Петербург

*ответственный за переписку, e-mail: galmit@rambler.ru

В работе представлены результаты испытаний конидий энтомопатогенного гриба *Akanthomyces muscarius* штамм Г-033 ВИЗР против паутинного клеща *Tetranychus urticae* на лотосе орехоносном *Nelumbo nucifera* в водной оранжерее БИН им. Комарова в 2023–2024 гг. В условиях повышенной температуры воздуха (33–36 °С) и вспышке численности вредителя (до 800 экземпляров на лист) выявлена высокая биологическая эффективность споровой суспензии в концентрации 5×10^7 спор/мл – до 90% на 7 сутки, что сопоставимо с уровнем эффективности эталона – Фитоверм, КЭ 2 г/л. Через 1 месяц после испытаний на обработанных участках не было обнаружено паутинного клеща. На второй год испытаний при низкой плотности вредителя (до 250 экземпляров на лист) была применена пониженная концентрация споровой суспензии (5×10^6 спор/мл). Её биологическая эффективность в отношении паутинного клеща также была высокой (до 95%). Проведенные испытания показали перспективность штамма Г-033 ВИЗР против подвижных стадий паутинного клеща на лотосе в условиях повышенной температуры воздуха.

Ключевые слова: *Nelumbo nucifera*, *Tetranychus urticae*, энтомопатогенные грибы, *Akanthomyces muscarius*, биологическая эффективность

Поступила в редакцию: 01.03.2025

Принята к печати: 15.04.2025

Введение

Лотос орехоносный или индийский *Nelumbo nucifera* Gaertn. — вид многолетних травянистых земноводных растений из рода Лотос (*Nelumbo*: *Nelumbonaceae*), обладающий ценными декоративными, лекарственными и пищевыми свойствами. Из-за его повсеместного истребления включён в Красную книгу Российской Федерации, охраняется и в других странах. Лотос размножается семенами и корневищами. Однако, семенная продуктивность невелика, и семена могут долго не прорасти, хотя их жизнеспособность может сохраняться длительный период (Снигиревская, 1982).

Лотос орехоносный выращивается в оранжерее Ботанического сада Петра Великого БИН им. Комарова (Санкт-Петербург) с 1899 года. Растения лотоса ежегодно высаживаются в Викторной оранжерее Ботанического сада корневищами. Период цветения лотоса в оранжерее – с середины июня по сентябрь, а вегетационный период растений длится с апреля по сентябрь. Зимой в условиях умеренного климата надземная часть лотоса отмирает. Многолетник характеризуется мощным корневищем и двумя типами листьев: чешуевидные подводные, сидячие на длинных гибких черешках и надводные, или воздушные, плавающие и высоко возвышающиеся над водой на прямостоящих черешках, с крупными до 70 см в диаметре листовыми пластинками воронковидной формы (Кондратенко и др., 2010; 2012). Надводные листья лотоса поражаются различными сосущими (трипсы, белокрылки, щитовки, клещи), чешуекрылыми и другими вредителями, а также фитопатогенными грибами.

Одним из наиболее опасных вредителей *N. nucifera* является обыкновенный паутинный клещ *Tetranychus urticae* C. L. Koch (*Tetranychidae*, *Tetranychus*). Вспышка клеща на лотосе начинается с конца мая и продолжается до конца августа. Летом при повышении температуры в оранжереях скорость откладки яиц у клеща увеличивается (Vassiliou, Kitsis, 2013). Пик численности *T. urticae* наступает в начале июля. В условиях Викторной оранжереи Ботанического сада вредитель дает до 18 поколений. Борьба с вредителем осложняется так называемым «эффектом лотоса» – листья и лепестки растения покрыты гидрофобным воскоподобным веществом в виде микросфер и микроскопическими бугорками, между которыми сохраняется воздух, препятствующий их смачиванию. Капли воды легко скатываются с листа, обеспечивая листьям защиту от заселения микроорганизмами и водорослями. Это свойство лотоса сейчас используется для создания супергидрофобных материалов (Ressine et al., 2007). Но эта же особенность затрудняет удержание пестицидов на поверхности листьев лотоса.

В настоящее время основными средствами борьбы с паутинным клещом на лотосе являются пестициды из групп никотиноидов и авермектинов. Однако для водных декоративных растений загрязнение водной экосистемы химическими веществами крайне нежелательно. Кроме того, *T. urticae* проявляет устойчивость к акарицидам из-за короткого жизненного цикла и постоянного их воздействия. В Ботаническом саду применение химических препаратов строго ограничено из-за постоянно проводимых там экскурсий. В среднем за период с мая по сентябрь в

зависимости от численности вредителя обработки разными группами препаратов проводятся два раза.

В качестве альтернативы для борьбы с вредителями лотоса используют энтомопатогенные грибы (ЭПГ) с различными механизмами действия и растительные экстракты. Так посадки лотоса в Тайланде успешно защищали от трипсов разных видов с помощью азадирахтина, а также энтомопатогенного гриба *Beauveria bassiana* Bals. (Vuill.) (Seehavet et al., 2022). Этот же вид ЭПГ применяли для борьбы с азиатской хлопковой совкой *Spodoptera litura* (Fabricius) на лотосе (Thinnabut et al., 2022).

Известно, что клещи часто поражаются возбудителями микозов насекомых. Так среди 77 изученных изолятов ЭПГ наибольшая акарицидная активность была выявлена у ЭПГ *Akanthomyces attenuatus* штамм JEF-147 (Song et al., 2024). Преимуществом определенных видов ЭПГ для

применения на лотосе является их способность к адгезии на кутикуле членистоногих и на гидрофобной поверхности растения (Nishi et al., 2021).

В оранжерее Ботанического сада в конце июня 2023 года вследствие жаркой и сухой погоды произошла вспышка паутинного клеща на лотосе, численность достигла 1000 экземпляров на лист. Резкое увеличение численности клеща произошло через две недели после обработки акарицидами, повторное применение химических средств было крайне нежелательным. Для борьбы с вредителем были испытаны споры штамма Г-033 ВИЗР (Патент РФ № 2598251) *Akanthomyces muscarius* (Petch) Spatafora, Kepler & B. Shrestha (= *Lecanicillium muscarium*). Высокая активность этого штамма в отношении паутинного клеща *T. urticae* ранее была установлена в лабораторных опытах (Митина и др., 2017).

Материалы и методы

Штамм *A. muscarius* и его культивирование

Штамм Г-033 ВИЗР *A. muscarius* отобран из Коллекции патогенных микроорганизмов ФГБНУ ВИЗР (WFCC WDCM №760, УНО). Для получения лабораторного образца биопрепарата штамм выращивали на агаризованной глюкозо-пептонно-дрожжевой питательной среде ДПП (состав, г/л дистиллированной воды: глюкоза 20, пептон мясной сухой ферментативный 10, дрожжевой экстракт сухой 2) в чашках Петри в течение 10 суток при температуре 26 °С. Конидии смывали стерильной водой с добавлением Сильвет Голд (50 мкл/л). Титр рабочей суспензии доводили до 5×10^7 спор/мл и 5×10^6 спор/мл.

Эксперименты в оранжерее

Взрослые растения лотоса сорт Pink Meadow высотой 1–2 м обрабатывали по очагам фитофага с использованием лестницы с помощью ручного опрыскивателя «Solo». Температура воздуха в день обработки в 11 часов – 30 °С, на 3-и сутки – 34 °С, на 7-е сутки – 36 °С, на 14-е сутки

– 32,5 °С. В дневные часы температура достигала 39–40 °С. Влажность воздуха 85–90%. В ночные часы температура составляла 22–24 °С. Температура воды в бассейне оранжереи поддерживается 28 °С постоянно. Учеты клещей проводили непосредственно на листьях с помощью лупы. В качестве повторности считались надводные листья лотоса, расположенные примерно на одном уровне (около 1 м) от поверхности воды. В каждом варианте опыта было по пять учетных листьев на трех отдельных стеблях. Подсчитывали количество подвижных стадий клещей, находящихся на одном секторе листа и общее число секторов на лист, которое составляло от 20 до 25. В качестве контроля оставляли участок с необработанными растениями. А в качестве эталона использовали Фитоверм КЭ 2 г/л в концентрации 0.1% (действующее вещество – Аверсектин С). Подсчёт биологической эффективности проводили по формуле Хендерсона-Тилтона по снижению численности клеща относительно исходной с поправкой на контроль.

Статистический анализ

Статистическую обработку проводили с помощью метода однофакторного анализа ANOVA (SigmaPlot версия 12.5 Systat Software) и Mann-Whitney U Test Calculator, для сравнения средних значений при нормальном

распределении использовали тест Стьюдента, для определения нормальности распределения использовали тест Шапиро-Вилка (Shapiro-Wilk), при ненормальном – Манна-Уитни (Mann-Whitney).

Результаты и обсуждение

Начальная численность клеща (подвижные стадии) составила от 18 до 36 клещей в одном секторе листа, что в пересчете на число секторов на листе составляла 200–800 экземпляров на лист, диаметр которых достигал 29–43 см. В результате обработки численность клещей в опытных вариантах снизилась почти в 3 раза, а на необработанном контрольном участке оставалась на начальном уровне в течение первых трех суток, потом незначительно снизилась (табл. 1, рис. 1).

Возможно, это связано с адаптацией клеща к повышению температуры воздуха до 36 °С. Биологическая эффективность споровой суспензии штамма Г-033 ВИЗР *A. muscarius* (с учетом нарастания численности клеща в контроле) в отношении подвижных стадий клеща составила 70% на 3 день, 89% на 7 день и 86% на 14 день после обработки (рис. 2А). Эффективность Фитоверма (эталона) была 69%, 90% и 94% на 3, 7 и 14 сутки соответственно.

Различия между эффективностью ЭПГ и Фитоверма были незначительны в течение всего эксперимента (распределение по повторностям на 3 и 14 сутки нормальное, на 7 – ненормальное). Через 1 месяц после испытаний на обработанных участках растений лотоса паутинный клещ не был обнаружен, в контроле были отмечены единичные экземпляры.

В сентябре 2024 года были продолжены испытания лабораторных образцов биопрепаратов на основе энтомопатогенных грибов. Так как численность клеща была относительно невысокой по сравнению с 2023 годом (от 200 до 250 экземпляров на лист), титр рабочей суспензии был снижен в 10 раз и составил 5×10^6 спор/мл. Температура воздуха в день обработки была 27,5 °С, на сутки учета – 27 °С. По сравнению с 2023 г., биологическая эффективность штамма Г-033 ВИЗР в отношении паутинного клеща была на том же уровне (до 95% на 14 сутки),

Таблица 1. Динамика численности паутинного клеща *Tetranychus urticae* на лотосе после обработки конидиями *Akanthomyces muscarius* штамм Г-033 ВИЗР и Фитовермом КЭ 2 г/л в 2023–2024 гг.

Вариант опыта	Кол-во секторов в листе	Средняя численность клещей (подвижные стадии) по суткам учета в одном секторе листа			
		До обработки	3	7	14
Июнь 2023 г.					
Г-033 ВИЗР, 5x10 ⁷ спор/мл	21.2±0.4	23.8±5.1	6.2±1.0	1.6±0.6	1.4±0.4
Фитоверм 0.1 %	22.2±1.1	22.8±3.2	7.6±3.5	2.0±1.5	1.0±0.4
Контроль	21.6±0.4	18.2±2.7	18.0±2.5	14.2±2.3	11.2±2.3
Сентябрь 2024 г.					
Г-033 ВИЗР, 5x10 ⁶ спор/мл	21.8±0.6	10.6±1.4	8.2±1.0	3.8±0.5	0.4±0.2
Фитоверм 0.1 %	22.6±3.0	12.8±1.9	4.4±0.6	0.6±0.3	0.0
Контроль	23.0±0.4	11.2±0.4	11.2±1.0	11.2±1.9	10.2±1.4

Table 1. Dynamics of a number of spider mites *Tetranychus urticae* on lotus after treatment by conidia of *Akanthomyces muscarius* strain G-033 VIZR and Fitoverm 2 g/l in 2023–2024

Experimental variant	Number of leaf sectors	Mean abundance of mites (motile stages), days of evaluation in a single leaf sector			
		Before treatment	3	7	14
June 2023					
G-033 VIZR, 5x10 ⁷ spores/mL	21.2±0.4	23.8±5.1	6.2±1.0	1.6±0.6	1.4±0.4
Fitoverm, 0.1 %	22.2±1.1	22.8±3.2	7.6±3.5	2.0±1.5	1.0±0.4
Control	21.6±0.4	18.2±2.7	18.0±2.5	14.2±2.3	11.2±2.3
September 2024					
G-033 VIZR, 5x10 ⁷ spores/mL	21.8±0.6	10.6±1.4	8.2±1.0	3.8±0.5	0.4±0.2
Fitoverm, 0.1 %	22.6±3.0	12.8±1.9	4.4±0.6	0.6±0.3	0.0
Control	23.0±0.4	11.2±0.4	11.2±1.0	11.2±1.9	10.2±1.4

что сопоставимо с уровнем эффективности эталона – фитоверма (распределение по повторностям на 3 и 7 сутки нормальное, на 14 – ненормальное) (рис.2Б). Численность клещей в результате обработки снизилась в 2 раза на 3-и сутки и до нуля на 7 и 14 сутки, при этом в контроле численность клещей оставалась на начальном уровне (табл.1). Параллельно был поставлен опыт на другом водном растении талии коленчатой *Talia geniculata* L. (Marantaceae), также заселенной паутинным клещом. Биологическая эффективность ЭПГ на талии составила 42%, 75%, и 94% на 3, 7 и 14 сутки соответственно, причем на 3 и 7 сутки ЭПГ была достоверно эффективнее Фитоверма (данные не приводятся).

Испытания конидий гриба *A. muscarius* против паутинного клеща в условиях высоких температур (до 36 °С) проведены впервые. Биологическая эффективность конидий штамма Г-033 ВИЗР достигала 90%. Следует отметить, что в обычных условиях споры *A. muscarius*, как и у большинства ЭПГ не способны прорасти при температуре воздуха выше 30–32 °С, и они быстро теряют свою жизнеспособность. Оптимальными для ЭПГ являются 26–28 °С.

Однако, известно, что лотос орехоносный способен регулировать и поддерживать температуру своих цветов на уровне 30–35 °С, даже когда температура окружающего воздуха падает до 10 °С. Такие растения называют термогенными, среди них Симплокарпус или Восточная скуновская капуста, Сауроматум жилковатый или Вуду-лилия, гигантская водяная лилия Виктория, Сосновая карликовая

омела обыкновенная, Филодендрон двоякоперистый и лотосы. Свойство термогенности обеспечивает растениям повышение привлекательности для насекомых-опылителей за счет выделения тепла и летучих органических соединений, а также выживаемость в холодный период (Pegis et al., 2024). С другой стороны, температура листовой поверхности лотоса может быть на 2–5 °С ниже температуры воздуха за счет активной транспирации растения, особенно в жаркую погоду. Лотос очень чувствителен к содержанию в воде кислорода, причем в солнечные дни воздухообмен лотоса особенно энергичен. В жаркий солнечный день можно наблюдать «кипение» воды в углублении листа лотоса – вода выбрасывается воздухом, выходящим из крупных сосудов черешка лотоса, мелкими брызгами. Эти уникальные свойства лотоса обеспечивают охлаждение листовой пластины при повышении температуры окружающей среды, что в свою очередь позволяет ЭПГ проявлять вирулентные свойства в отношении фитофагов, заселяющих листья лотоса, даже при существенном повышении температуры окружающей среды и не терять способности к прорастанию. Возможно, в ночные часы, когда температура составляла 22–24 °С, заражение клеща ЭПГ происходило более интенсивно.

Результаты проведенных испытаний показали перспективность применения ЭПГ в условиях водной оранжереи Ботанического Сада для защиты лотоса орехоносного от обыкновенного паутинного клеща.



Рисунок 1. Листья лотоса (*Nelumbo*), пораженные паутинным клещем *Tetranychus urticae* (слева внизу) до обработки и на 7-е сутки после обработки спорами *Akanthomyces muscarius* штамм Г-033 ВИЗР (справа)

Figure 1. Leaves of Lotus (*Nelumbo*) infected by the spider mite *Tetranychus urticae* (left bottom) before treatment and on the 7th day after treatment with the spores of *Akanthomyces muscarius* strain G-033 VIZR (right)

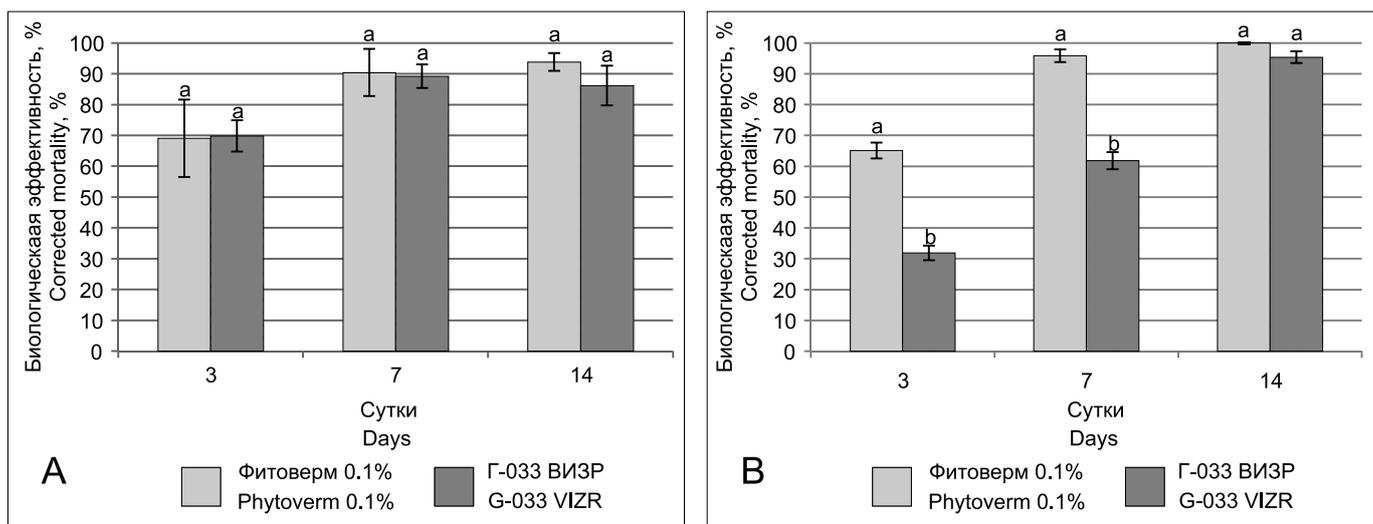


Рисунок 2. Смертность подвижных стадий *Tetranychus urticae* с поправкой на контроль (% ± SE) на 3, 7 и 14 день после обработки растений лотоса спорами *Akanthomyces muscarius* штамм Г-033 ВИЗР в разных концентрациях (А – 5×10^7 спор/мл, июнь 2023 г.; В – 5×10^6 спор/мл, сентябрь 2024 г.) в сравнении с Фитовермом, 0.1%. Одинаковыми буквами отмечены варианты, где различие между ними не достоверно

Figure 2. Corrected mortality of the mobile stages of *Tetranychus urticae* (percentage ± SE) on day 3, 7 and 14 after treatment lotus plants with the spores of *Akanthomyces muscarius* strain G-033 VIZR with different concentrations (A – 5×10^7 spores/ml in June 2023; B – 5×10^6 spores/ml in September 2024) in comparison with Fitoverm, 0.1%. Bars with the same letters were not significantly different from each other

Благодарности

Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБНУ ВИЗР FGEU-2025-0003 и государственного задания БИН им. Комарова 124020100075-2 по плановой теме «История создания, состояние, потенциал развития живых коллекций растений Ботанического сада Петра Великого БИН РАН».

Библиографический список (References)

- Кондратенко ЕИ, Мохамад АЭ, Ломтева НА, Касимова СК и др (2010) Динамика параметров липидного обмена крыс при внутрижелудочном выведении экстракта семян лотоса орехоносного (*Nelumbo nucifera*). *Известия Самарского научного центра Российской академии наук* 12(8):2062–2064
- Кондратенко ЕИ, Марченко НВ, Ломтева НА, Шими́на НА и др (2012) Эколого-биологические особенности лотоса каспийского (*Nelumbo caspica*) в Астраханской области. *Естественные науки* 1(38):59–67
- Митина ГВ, Первушин АЛ, Чоглокова АА (2017) Штамм гриба *Lecanicillium muscarium* Г-033 (ВИЗР) для комплексной защиты растений от сосущих вредителей, паутинных клещей и болезней. *Информационный бюллетень ВПРС МОББ* 52:207–211
- Патент РФ № 2598251. Митина Г. В., Борисов Б. А., Первушин А. Л., Чоглокова А. А., Павлюшин В. А. (2016) Штамм гриба *Lecanicillium muscarium*, обладающий инсектоакарицидной и антибиотической активностью для борьбы против сосущих вредителей, грибных и бактериальных болезней. Патент РФ № 2598251 от 25.08.2015
- Снигиревская НС (1982) [Порядок лотосовые (Nelumbonales)]. В: Тахтаджян А.Л. (ред.) [Жизнь растений. Том 5. Часть 1. Цветковые растения. Москва: Просвещение. 190–193].
- Nishi O, Sushida H, Higashi Y, Iida Y (2021) Entomopathogenic fungus *Akanthomyces muscarius* (Hypocreales: Cordycipitaceae) strain IMI 268317 colonises on tomato leaf surface through conidial adhesion and general and microcycle conidiation. *Mycology* 13(2):133–142. <http://doi.org/10.1080/21501203.2021.1944929>
- Seehavet S, Phonkacha P, Hongpakdee P, & Tangkawanit U (2022) Species composition, population dynamics, and assessment of biopesticide application on Thrips (Thysanoptera) in sacred lotus *Nelumbo nucifera* Gaertn. *Songklanakarin J Sci Technol* 44(2):459–465
- Song G, Shin D, Kim JS (2024) Microbiome changes in *Akanthomyces attenuatus* JEF-147-infected two-spotted spider mites. *J Invertebr Pathol* 204:108102. <http://doi.org/10.1016/j.jip.2024.108102>
- Peris D, Postigo J, Peñalver E, Pellicer J et al. (2024) The impact of thermogenesis on the origin of insect pollination. *Nature Plants* 10: 1297–1303. <https://www.nature.com/articles/s41477-024-01775-z>
- Ressine A, Marko-Varga G, Laurell T (2007) Porous silicon protein microarray technology and ultra/superhydrophobic states for improved bioanalytical readout. *Biotechnol Ann Rev* 13:149–200. [http://doi.org/10.1016/S1387-2656\(07\)13007-6](http://doi.org/10.1016/S1387-2656(07)13007-6)
- Thinnabut K, Hongpakdee P, Tangkawanit U (2022) Effect of *Beauveria bassiana* and wood vinegar on larva of the pest moth (*Spodoptera litura*) and on quality of sacred lotus (*Nelumbo lucifera*) plants. *Acta Hort* 1336:405–412. <http://doi.org/10.17660/ActaHortic.2022.1336.53>
- Vassiliou VA, Kitsis P (2013) Acaricide resistance in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) populations from Cyprus. *J Econ Entomol* 106:1848–1854. <https://doi.org/10.1603/ec12369>

Translation of Russian References

- Kondratenko EI, Mohamad AE, Lomteva NA, Kasimova SK et al (2010) [Dynamics of lipid metabolism parameters in rats during intragastric excretion of the seed extract of the Caspian lotus (*Nelumbo nucifera*)]. *Bulletin of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences* 12(8):2062–2064 (In Russian)
- Kondratenko EI, Marchenko NV, Lomteva NA, Shimina NA et al (2012) [Ecological and biological features of the Caspian lotus (*Nelumbo caspica*) in the Astrakhan region]. *Natural Sciences* 1(38):59–67 (In Russian)
- Mitina GV, Pervushin AL, Chogloikova AA (2017) [*Lecanicillium muscarium* G-033 (VIZR) fungal strain for comprehensive plant protection against sucking pests, spider mites and diseases]. *Information Bulletin of WPRS MOBB* 52:207–211 (In Russian)
- Mitina GV, Borisov BA, Pervushin AL, Chogloikova AA, Pavlyushin VA (2016) [*Lecanicillium muscarium* fungus strain with insecticidal, acaricidal and antibiotic activity for the control of sucking pests, fungal and bacterial diseases]. Patent of the Russian Federation No. 2598251 dated 25.08.2015 (In Russian)
- Snigirevskaya N.S. (1982) [Order lotus (Nelumbonales)]. In: Takhtadzhyan AL (ed.) [Life of plants. Volume 5. Part 1. Flowering plants]. Moscow: Prosveshchenie. 190–193 (In Russian)

Short communication**TESTING OF THE FUNGUS *AKANTHOMYCES MUSCARIUS* (ASCOMYCOTA: HYPOCREALES) AGAINST THE SPIDER MITE ON LOTUS UNDER HIGH TEMPERATURE CONDITIONS**G.V. Mitina*¹, A.A. Chogloкова¹, M.A. Cherepanova¹, E.A. Varfolomeeva²¹All-Russian Institute of Plant Protection, St. Petersburg, Russia²Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia

*corresponding author; e-mail: galmit@rambler.ru

The entomopathogenic fungus *Akanthomyces muscarius* (Ascomycota: Hypocreales) strain G-033 VIZR was tested against the spider mite *Tetranychus urticae* on the lotus *Nelumbo nucifera* in a water greenhouse. At elevated air temperature (33–36°C) and an outbreak of the pest (up to 800 specimens per leaf), biological efficiency of fungal conidia (5×10^7 spores/mL) was high, up to 90% on 7th day post treatment, which is comparable to the standard treatment with Fitoverm, CE 2 g/L. One month after, no spider mites were found on the treated leaves. In the second year, when the pest density was low (up to 250 specimens per leaf), a reduced concentration of spore suspension (5×10^6 spores/ml) was used. Its biological effectiveness was also high (up to 95%). The trials showed the potential of strain G-033 VIZR against the motile stages of spider mites under conditions of elevated air temperature.

Keywords: *Nelumbo nucifera*, *Tetranychus urticae*, entomopathogenic fungi, *Akanthomyces muscarius*, biological efficiency

Submitted: 01.03.2025

Accepted: 15.04.2025

IMPACT OF WEED MANAGEMENT STRATEGIES ON THEIR GROWTH, COMMUNITY COMPOSITION, AND YIELD OF WET DIRECT-SEEDED RICE UNDER ALTERNATE WETTING AND DRYING IRRIGATION

M.K.A. Bhuiyan¹, S.U. Bhuiya², M.A. Saleque¹, A. Khatun¹

¹Bangladesh Rice Research Institute, Gazipur, Bangladesh

²Bangladesh Agricultural University, Mymensingh, Bangladesh

*corresponding author, e-mail: bhuiyanbrri@gmail.com

Water management systems of wet direct-seeded rice (WDSR) and alternate wetting and drying (AWD) have proven to be effective resource-conserving (RC) technologies for rice production. However, weed management (WM) practice in RC technology has not been adequately addressed in the literature. This study aimed to investigate weed dynamics and integrated weed management strategies in WDSR under the AWD irrigation system. Two field experiments were conducted with seven weed management options over two consecutive growing seasons, 2009–2010 and 2010–2011, at the Bangladesh Rice Research Institute, Gazipur. Results showed that the weed species *Scirpus juncooides*, *Echinochloa crus-galli*, and *Cynodon dactylon* were the most important. By contrast, *Fimbristylis miliaceae*, *Cyperus iria*, and *Lindernia floribunda* seemed to belong to the least important group. Weeds that interfered up to 55 days after seeding had a significant impact on rice growth and yield. Over time, weed dominance ranking changed. The application of herbicides mefenacet+bensulfuron methyl and pyrazosulfuron ethyl along with one-hand weeding effectively reduced weed growth, leading to higher weed control efficiency and grain yield. These two treatments reduced the weed-related indices, and increased the crop resistance.

Keywords: rice growing, weed dynamics, weed control, grain yield

Submitted: 24.12.2024

Accepted: 04.04.2025

Introduction

Rice cultivation using the transplanting method involves raising, uprooting, and transplanting seedlings. Labor for these operations accounts for nearly one-third of the total production cost in Bangladesh. To address these challenges, various rice cultivation methods have been developed. Wet direct-seeded rice (WDSR) with the drum seeder technique is one of the most resource-conserving technologies (RCTs). Moreover, alternate wetting and drying (AWD) irrigation systems, when combined with WDSR, are even more efficient and should be adopted by resource-poor farmers in Bangladesh. WDSR with the AWD irrigation system requires about 20–25% less water than traditional transplantation methods while also significantly reduces labor. WDSR is now being adopted in Bangladesh, especially in single boro-cropped areas. To fully leverage this technology, weed management issues must be carefully addressed. Effective weed management is crucial for achieving optimum grain yield in the AWD irrigation system. The species composition and abundance of weeds in WDSR differ from those in the puddled flooded rice system (Mahajan et al., 2009). Information regarding weed flora composition, weed growth, and their responses to different herbicides in the WDSR system is insufficient in Bangladesh. Generally, most soil-applied rice herbicides require humid or even flooded conditions for effective weed control, which are not met under this system. Therefore, a broader range of herbicides should be evaluated to identify those best suited for these less humid conditions.

Weed management in the AWD system revolves around grass weeds, predominantly *Echinochloa* spp. AWD reduced broadleaf weed pressure (Vial, 2005) and increased a share

of grass-type weeds, overall enhancing weed growth and development, which compete with rice and reduce yield. So proper weed management strategies are required for AWD irrigation systems.

In wet-seeded rice, oxadiazon (Alam et al., 2002), pretilachlor + safener (Awan et al., 2003; Bhuiyan et al., 2011), ethoxysulfuran, and butachlor (Bhuiyan et al., 2009) have proven effective in Bangladesh. However, only a limited number of herbicides suitable for WDSR are available in the country. There is no detailed information available to assist farmers in choosing which type of herbicide to apply. Additionally, there is a lack of knowledge regarding the appropriate application time, the chemical group of the herbicide, and water management during herbicide application. In recent years, several herbicides (mefenacet + bensulfuron methyl 53% wp, oxadiargyl 400 SC, pendimethalin, pyrazosulfuron - ethyl) have demonstrated excellent efficacy in transplanted paddy (Bhuiyan and Ahmed, 2010; Bhuiyan et al., 2010).

However, effective weed control in WDSR by drum seeder with AWD irrigation is crucial. We hypothesized that in WDSR under the AWD irrigation system dynamics of weed pattern, weed abundance, weed growth may differ from transplanted rice, and grain yield would be increased if appropriate weed management strategies could be followed.

Therefore, the objectives of this study were to analyze weed occurrence, growth, and community composition in direct wet-seeded rice under the AWD irrigation system and to evaluate yield performance under different weed control systems.

Materials and Methods

Experimental site, soil, and climate

The field studies were conducted at the experiment site of Bangladesh Rice Research Institute (BRRI) farm, Gazipur, situated at 24°99' North latitude and 90°40' East longitude at an elevation of 8.4 m above mean sea level. This area is characterized by a subtropical climate. The soil of the experimental site was clay loam of the shallow brown terrace under the Madhupur tract (AEZ 28). The experimental field was classified as a Chhiata clay loam, a hyperthermic Vertic Endoaquept.

Climatic parameters, including rainfall, evaporation, maximum and minimum temperatures, were collected from the BRRI automatic weather station located near the experimental site. The daily values were averaged (maximum and minimum temperature, solar radiation) and summed (rainfall and evaporation) to monthly values (Figure 1). The experimental

area received 110.90 mm and 605.40 mm of rainfall during the dry season (Boro) of 2009–2010 and 2010–2011, respectively. Mean maximum and minimum temperatures were 34.71 and 11.81, 33.48 and 10.31 °C during the same seasons.

Treatments and crop husbandry

During the dry seasons (boro) of 2009–2010 and 2010–2011, BRRI dhan29 was grown in the experimental field under alternate wetting and drying (AWD) irrigation conditions. The crop was established through direct wet seeding using a drum seeder in a single thick row. Irrigation was applied when the water was no longer visible in the AWD pipes. Weed management treatments and herbicide details of the experiment are presented in Table 1. The experiments were conducted in a randomized complete block design with three replications. The unit plot size measured 4.6 m × 4 m. The plots were surrounded by a 40 cm-high soil levee to prevent herbicide contamination between the plots. Details of the crop calendar are provided in Table 2.

Measurement and calculations

Yield and yield characters were sampled and calculated according to Gomez K.A., 1972. The grains and sterile spikelets were separated by a seed sorter (Kiya Seisakusho LDT, model 1973, Tokyo, Japan). After separation, the grains and sterile spikelets were counted by an automatic counter (Nagoya, model DC 1-0, Japan). Rice plants from a 5 m² preset area of the middle of each plot were harvested at ground level and threshed. Grain yield was adjusted to a 14% moisture content (MC) as follows:

$$GY_{MC_{14}} = \frac{100 - MC_s}{100 - 14} \times FW,$$

where:

GY_{MC₁₄} = Grain yield at 14% MC,

MC_s = Sample MC (%),

FW = fresh weight of grains at harvest.

Weed sampling

Weed dry matter and the number of weeds were calculated at 30, 55 and 80 days after seeding (DAS) from all experimental plots. Random samples were taken from within each plot using a 0.5 × 0.5 m quadrat (Kim and Moody, 1983). Data were recorded including weed species, the number of weeds and weed biomass etc.

Weed Vegetation analysis

Summed dominance ratio (SDR) of the weed species was computed using the following equation (Janiya and Moody, 1989):

$$SDR = \frac{RD + RDW}{2},$$

where: RD = relative density,

RDW = relative dry weight.

$$RD = \frac{D_x}{D_t} \times 100,$$

where:

D_x = density of a given species,

D_t = total density.

$$RDW = \frac{DW_x}{DW_t} \times 100,$$

where:

DW_x = dry weight of a given species,

DW_t = total dry weight.

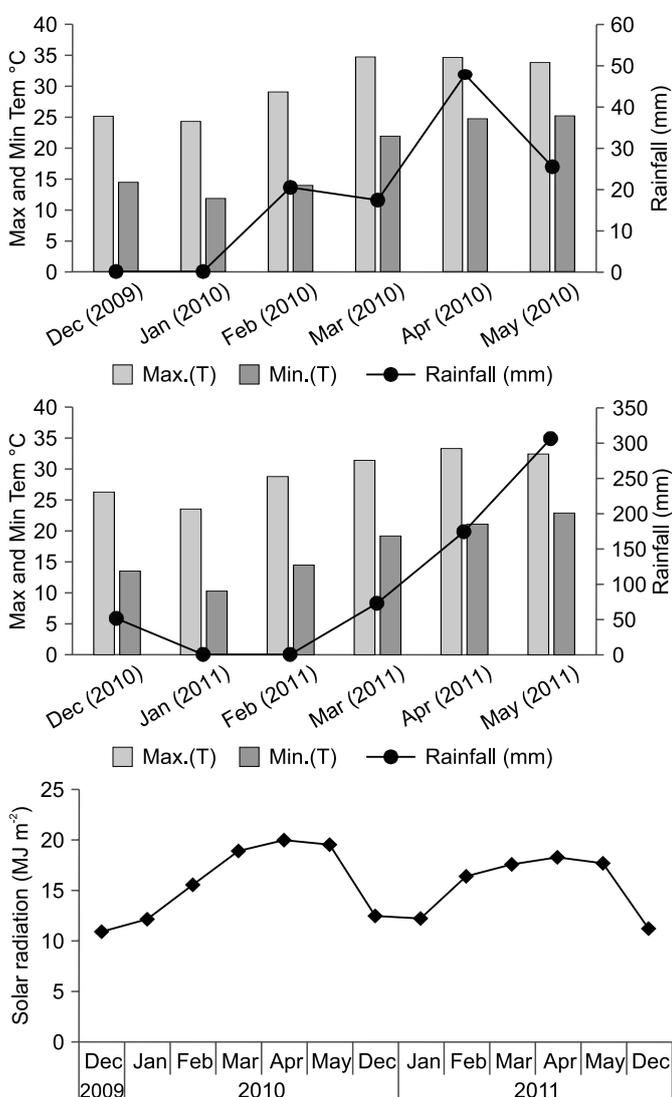


Figure 1. Monthly total rainfall (mm), average maximum and minimum temperature (°C), and average solar radiation (MJ m⁻²) during the experimental periods of 2009–2010 and 2010–2011

Рисунок 1. Месячный объем осадков (мм), средние значения минимальной и максимальной температур (°C), и средняя солнечная радиация (МДж м⁻²) в период экспериментов 2009–2010 и 2010–2011 гг.

Table 1. Treatment details
Таблица 1. Детали обработок

Label Маркировка	Treatment Обработка	Active ingredients, g ha ⁻¹ Активные ингредиенты, г га ⁻¹	Application rate per ha Норма расхода на гектар	Time of herbicide application and operation of hand weeding, days after seeding Срок применения пестицидов и прополки, дни после посева
T ₁	Panida 33EC (pendimethalin) + 1HW on 55 DAS	825	2.5 L	5
T ₂	Topstar 400 SC (oxadiargyl) + 1HW on 55 DAS	75	187.5 mL	5
T ₃	Superclean 53 % WP (mefenacet+bensulfuron methyl) + 1HW on 55 DAS	589	1111 g	5
T ₄	Saathi (pyrazosulfuron - ethyl 10 WP) + 1HW on 55 DAS	15	150 g	14
T ₅	Hand weeding, three times	-	-	30, 55 and 80
T ₆	BRRI weeder + 1HW	-	-	30 (weeder operation) and 55 (one-hand weeding)
T ₇	Unweeded (Control)	-	-	No weeding

Table 2. Crop calendar of the experiments
Таблица 2. Календарь выращивания культуры в ходе эксперимента

Activity Действие	I (2009–2010)	II (2010–2011)
Date of seed incubation	04.12.2009	06.12.2010
Periods of incubation	72hrs	72 hrs
Date of seeding	07.12.2009	09.12.2010
Date of panicle initiation	15.03.2010 (98 DAS)	16.03.2011(97 DAS)
Date of 100% flowering	02.04.2010(113 DAS)	04.04.2011(115 DAS)
Date of Maturity	03.05.2010(147 DAS)	07.05.2011 (149 DAS)
Growth duration	147 days	149 days
Harvesting date	09.05.2010 (153 DAS)	10.05.2011(154 DAS)

DAS = days after seeding.

Weed Control Efficiency (WCE%), Relative Weed Density (RWD), Importance Value of Weed (IVW), and Weed Index (WI) were calculated according to Rao (1985) using the following formulas:

$$WCE = \frac{WC - Wt}{WC} \times 100,$$

where:

WC = average weed weight per unit area in weedy check,

Wt = average weed count or dry weed weight per unit area in the treated plot.

Higher values of WCE indicate greater effectiveness of the herbicide.

$$RWD = \frac{DCx}{DCt} \times 100,$$

where:

DCx = density of individual weed species in the community,

DCt = total density of all weed species in the community.

$$IVW = \frac{DWOx}{DWOt} \times 100,$$

where:

DWOx = dry weight of a given oven dried weed species,

DWOt = dry weight of all oven dried weed species.

$$WI = \frac{YHW - Yt}{YHW} \times 100,$$

where:

YHW = average yield of the crop in hand-weeded, weed-free plot or minimum weed competition plot,

Yt = average crop yield in a plot under other weed control treatments.

A higher value of the weed index indicates a lower yield, and a lower value of the weed index indicates a higher yield.

The percentage of yield loss (YL) of each infested plot was calculated according to Gill and Vijayakumar (1969), as follows:

$$YL(\%) = \frac{Ywf - Y}{Ywf} \times 100,$$

where:

Ywf = grain yield in weed-free plots or minimum competition plots,

Y = the grain yield from each weed-infested plot.

Weed indices were worked out using the formula of Misra and Misra (1997).

Weed persistence index (WPI) is used to indicate the resistance of weeds against various tested treatments and to confirm the efficiency of the herbicide applications.

$$\text{WPI} = \frac{\text{DWWt}}{\text{DWWc}} \times \frac{\text{WDc}}{\text{WDt}},$$

where:

DWWt = dry weight of weeds in treated plot,

DWWc = dry weight of weeds in control plot,

WDt = weed density in treated plot

WDc = weed density in control plot

Crop resistance index (CRI) was calculated as follows:

$$\text{CRI} = \frac{\text{DMPt by crop}}{\text{DMPc by crop}} \times \frac{\text{DMPc by weeds}}{\text{DMPt by weeds}},$$

where:

DMPt = dry matter production in treated plot,

DMPc = dry matter production in control plot.

Weed Management Index (WMI) is the ratio between yield increase due to weed management and the control of weeds by the respective treatments:

$$\text{WMI} = \frac{\text{YI}\%}{\text{CW}\%},$$

where:

YI% = percent yield increase over control,

CW% = percent control of weeds.

Agronomic Management Index (AMI) is determined by the following formula:

$$\text{AMI} = \frac{\text{YI}\% - \text{CW}\%}{\text{CW}\%},$$

Integrated weed management index (IWM) is as follows:

$$\text{IWM} = \frac{\text{WMI} + \text{AMI}}{2},$$

where:

WMI = weed management index,

AMI = agronomic management index

Weed growth

All the weed control treatments significantly reduced the weed population density (m^{-2}) and weed dry matter weight (gm^{-2}) at 30, 55, and 80 DAS in 2009–2010 and 2010–2011 (Table 3a,3b). In 2009–2010, the highest weed population densities were found in T_7 , T_5 , and the lowest (37 plants m^{-2}) in T_3 at 30 DAS throughout the entire observation period. In 2010–2011, the weed densities for control check plots (T_7) were 225, 369, and 279 weeds m^{-2} at 30, 55, and 80 DAS, respectively. Herbicide-treated, hand-weeded, and BRRI-weeded plots showed significantly lower weed densities than those of control plots at every observation date (Table 3a). The lowest weed population was found with T_3 and T_4 treatments at all observation dates.

Weed biomass was significantly affected by different weed control treatments in both growing seasons. In 2009–2010 (Table 3b) at 30 DAS, the highest weed biomass was observed in T_7 treatment (46.52g m^{-2}) which was at par with T_5 (46.19 g m^{-2}) and T_6 treatment (45.47g m^{-2}), whereas treatment T_3 (5.46 g m^{-2}) and T_4 (7.17 g m^{-2}) resulted in statistically similar and the lowest weed biomass. At 55 DAS, the weed biomass was the highest (134.16 g m^{-2}) with the T_7 and the lowest with the T_3 treatment (21.97 g m^{-2}). The highest weed biomass at 80 DAS was found with T_7 (109.49 g m^{-2}), which was significantly higher than with other weed control treatments. Weed biomass was lowest in T_3 and T_4 treatments at this stage.

Weed Control Index (WCI) is worked out by using the same formula of weed control efficiency (WCE) replacing weed populations by weed dry weight (Mishra and Tosh, 1979).

$$\text{WCI} = \frac{\text{DMPm2c} - \text{DMPm2t}}{\text{DMPm2c}} \times 100,$$

where:

DMPm2c = weed dry matter production per m^2 in control plot

DMPm2t = weed dry matter product per m^2 in treated plot.

Comparison of species composition among weed communities between treatments in each planting season were made using the Sorensen's index of similarity (Goldsmith et al., 1986). The computation of the S values was as follows:

$$\text{S} = \frac{2J}{A + B} \times 100,$$

where:

S = Index of similarity between treatments A and B

J = Number of species common to both treatments A and B

A = Number of species present in treatment A

B = Number of species present in treatment B

Higher S values would indicate close similarity in species composition between treatments. Conversely, lower values reflect considerable differences in species composition.

Statistical Analysis

Year wise data were analyzed statistically by statistical software Mstat-C, version 1.41 (Russell, D.F. 1986) using analysis of variance and treatments were compared with least significant difference (LSD) at the $P=0.05$ level of significance. Correlations and regressions were calculated in the Microsoft Excel program. Correlation matrixes among different characters were determined by Pearson correlation using Minitab 13 statistical program.

Results

In the 2010–11 Boro season, weed biomass varied significantly across herbicide treatments, following similar trends observed in 2009–10. In all cases, the highest weed biomass was recorded in the untreated control plots, which was significantly greater than in the treated plots. The lowest weed biomass occurred in treatments T_3 and T_4 , followed by T_5 and T_6 (Table 3b). This indicates that T_3 and T_4 were the most effective in reducing both weed biomass and density.

Weed control efficiency

In the year 2009–2010 (Table 3c), at 30 DAS, the highest WCE (88%) was found in T_3 , followed by T_4 (84%) treatment. The WCE was the lowest with the T_5 (1%) and T_6 (2%) treatments. At 55 DAS, the WCE of T_3 and T_4 were 84% and 81% and were close to those of T_2 (77%), T_5 (75%), and T_6 (74%) treatments. At 80 DAS, the WCE was the highest with T_3 (90%), which was closely followed by T_4 (87%) and T_5 (81%). The WCE of T_6 and T_2 attained 78%, and T_1 produced the lowest WCE (73%) at 80 DAS. In 2010–2011, WCE, at different days after seeding, followed approximately the same pattern as in 2009–2010.

Weed infestation

Most weed species found belonged to the families of Poaceae, Cyperaceae, Pontederiaceae, Onagraceae and Scrophulariaceae (Table 4). In 2009, the most dominant weed species at 30 DAS was *Scirpus juncooides* (37%), followed by *Echinochloa crus-galli* (28%). By 55 DAS, *E. crus-galli* (30%) became the most important, overtaking *S. juncooides* (21%),

which declined in importance. *Cynodon dactylon* consistently ranked among the top three species, with values ranging from 26% to 29% across all time points. By 80 DAS, *E. crus-galli* (30%) remained the most dominant, while *C. dactylon* (26%) showed an increasing trend. Broadleaf weeds, such as *Sphenoclea zeylanica* and *Monochoria vaginalis*, remained

minor components throughout, each contributing less than 5% importance. A similar pattern was observed in 2010, with *E. crus-galli*, *C. dactylon*, and *S. juncoides* maintaining dominance across all stages, though *S. juncoides* showed a sharper decline in importance over time.

Relative proportions of different weed types

During 2009–10, grass and sedge weeds dominated across all treatments at 30, 55, and 80 DAS, collectively contributing over 80% of the weed community (Figure 2). Sedges remained the most dominant group in terms of density throughout the season. However, by 80 DAS, the relative biomass contribution of sedges and broadleaf weeds increased, indicating a shift in

weed composition. In the 2010–11 season, similar patterns were observed at 30 DAS. At 55 DAS, grasses became more dominant, while by 80 DAS, broadleaf weeds contributed the most to total weed density, with grass and sedge densities becoming lower and nearly equal. In terms of weed biomass, grasses and sedges accounted for the majority of dry matter at 30 DAS, while broadleaf weeds made a minimal contribution.

Table 3. Influence (%) of different weed control methods on weed density (a), dry matter weight (b), and weed control efficiency (c) of wet direct-seeded rice under alternate wetting and drying irrigation condition during Boro 2009–2010

Таблица 3. Влияние (%) различных методов борьбы с сорными растениями на плотность их популяции, вес сухого вещества, и эффективность борьбы (%) при выращивании влажного риса прямого посева с попеременным увлажнением и осушением в сезон боры

a.	Treatment Обработка	Weed densities (pieces m ⁻²) Плотность популяции сорных растений (шт м ⁻²)					
		30 DAS		55 DAS		80 DAS	
		2009–2010	2010–2011	2009–2010	2010–2011	2009–2010	2010–2011
T ₁		100	90	165	130	78	70
T ₂		98	65	140	98	72	62
T ₃		37	39	97	51	43	38
T ₄		48	48	110	62	52	53
T ₅		212	205	137	124	66	66
T ₆		205	206	137	123	79	85
T ₇		212	225	374	369	256	279
LSD _(.05)		21.04	9.16	33.31	17.65	10.62	6.57
CV(%)		9.08	4.10	11.30	7.25	6.46	3.96

b.	Treatment Обработка	Weed dry matter weight (g m ⁻²) Вес сухого вещества сорных растений (г м ⁻²)					
		30 DAS		55 DAS		80 DAS	
		2009–2010	2010–2011	2009–2010	2010–2011	2009–2010	2010–2011
T ₁		16.65	17.21	44.62	48.39	29.23	22.91
T ₂		16.07	12.38	30.81	39.63	24.02	20.79
T ₃		5.46	6.68	21.97	18.36	11.37	7.37
T ₄		7.17	9.56	24.82	22.67	14.20	13.67
T ₅		46.19	44.46	34.00	45.50	21.11	17.26
T ₆		45.47	42.35	34.54	45.11	24.06	19.56
T ₇		46.52	51.12	134.16	150.29	109.49	96.05
LSD _(.05)		3.07	2.01	10.13	7.74	8.17	2.24
CV(%)		6.60	4.31	12.31	8.24	13.78	4.47

c.	Treatment Обработка	Weed Control efficiency (%) Эффективность борьбы с сорными растениями (%)					
		30 DAS		55 DAS		80 DAS	
		2009–2010	2010–2011	2009–2010	2010–2011	2009–2010	2010–2011
T ₁		64	66	68	68	73	76
T ₂		65	76	77	74	78	78
T ₃		88	87	84	88	90	92
T ₄		84	81	81	85	87	86
T ₅		1	13	75	70	81	82
T ₆		2	17	74	70	78	80

T₁–T₇ annotation is given in Table 1; DAS = days after seeding.

Table 4. Relative density and importance value of weeds over time in wet direct-seeded rice under alternate wetting and drying condition**Таблица 4.** Относительная плотность популяции и значимость сорных растений во времени при выращивании влажного риса прямого посева с попеременным увлажнением и осушением

Weed species Вид сорного растения	Family Семейство	Weed Type Тип сорного растения	Relative density, % Относительная плотность, %		Importance value, % Значимость, %	
			2009–2010	2010–2011	2009–2010	2010–2011
30 Days After Seeding (DAS)						
<i>Cynodon dactylon</i>	Poaceae	Grass	17.36	15.10	26.17	23.57
<i>Echinochloa crus-galli</i>	Poaceae	Grass	21.83	24.00	28.45	27.99
<i>Scirpus juncooides</i>	Cyperaceae	Sedge	52.15	46.09	36.77	33.55
<i>Sphenoclea zeylanica</i>	Campanulaceae	Broadleaf	1.58	4.89	1.65	3.27
<i>Monochoria vaginalis</i>	Pontederiaceae	Broadleaf	2.21	1.48	2.16	2.85
<i>Cyperus difformis</i>	Cyperaceae	Sedge	1.57	1.19	1.52	2.10
<i>Cyperus iria</i>	Cyperaceae	Sedge	1.40	3.25	0.88	3.06
<i>Leptochloa chinensis</i>	Poaceae	Grass	1.90	1.63	2.40	1.38
<i>Ludwigia octovalvis</i>	Onagraceae	Broadleaf	-	1.48	-	1.50
<i>Marsilea minuta</i>	Marsileaceae	Broadleaf	-	0.88	-	0.73
55 DAS						
<i>Cynodon dactylon</i>	Poaceae	Grass	16.14	15.08	29.39	24.06
<i>Echinochloa crus-galli</i>	Poaceae	Grass	18.88	19.23	30.24	27.30
<i>Scirpus juncooides</i>	Cyperaceae	Sedge	39.97	37.19	20.98	24.47
<i>Sphenoclea zeylanica</i>	Campanulaceae	Broadleaf	3.94	3.36	3.40	2.60
<i>Monochoria vaginalis</i>	Pontederiaceae	Broadleaf	3.92	3.70	2.87	2.55
<i>Cyperus difformis</i>	Cyperaceae	Sedge	4.75	3.26	4.39	2.50
<i>Cyperus iria</i>	Cyperaceae	Sedge	1.61	2.82	1.61	2.48
<i>Leptochloa chinensis</i>	Poaceae	Grass	3.65	3.26	2.62	3.97
<i>Fimbristylis miliacea</i>	Cyperaceae	Sedge	1.08	2.88	0.77	2.86
<i>Lindernia floribunda</i>	Scrophulariaceae	Broadleaf	6.07	5.97	3.73	3.47
<i>Ludwigia octovalvis</i>	Onagraceae	Broadleaf	-	1.54	-	2.18
<i>Marsilea minuta</i>	Marsileaceae	Broadleaf	-	1.70	-	1.55
80 DAS						
<i>Cynodon dactylon</i>	Poaceae	Grass	20.54	19.14	25.59	21.60
<i>Echinochloa crus-galli</i>	Poaceae	Grass	21.47	21.05	29.99	30.19
<i>Scirpus juncooides</i>	Cyperaceae	Sedge	25.65	25.84	19.21	12.57
<i>Sphenoclea zeylanica</i>	Campanulaceae	Broadleaf	4.27	3.71	4.37	5.77
<i>Monochoria vaginalis</i>	Pontederiaceae	Broadleaf	4.29	4.07	4.08	4.66
<i>Cyperus difformis</i>	Cyperaceae	Sedge	5.43	4.42	4.25	5.01
<i>Cyperus iria</i>	Cyperaceae	Sedge	2.60	2.99	3.00	4.65
<i>Leptochloa chinensis</i>	Poaceae	Grass	4.18	2.87	3.06	3.38
<i>Fimbristylis miliacea</i>	Cyperaceae	Sedge	2.48	3.59	2.07	3.69
<i>Lindernia floribunda</i>	Scrophulariaceae	Broadleaf	9.10	8.97	4.37	4.70
<i>Ludwigia octovalvis</i>	Onagraceae	Broadleaf	-	1.68	-	2.62
<i>Marsilea minuta</i>	Marsileaceae	Broadleaf	-	1.67	-	1.16

Their biomass contribution, however, increased noticeably at 55 and 80 DAS, by which time grasses and sedges showed comparable biomass levels.

Weed Composition and Summed Dominance Ratio

SDR is more informative than any single measure in reflecting the contribution of a species in the community. During the 2009–10 growing season, eight weed species were recorded at 30 DAS, increasing to ten species at both 55 and 80 DAS (Table 5). Weed communities at this early stage were characterized by a predominance of *Scirpus juncooides*, especially in treatments T1 and T2, with SDR values of

59.22% and 58.13%, respectively. Other treatments also showed *S. juncooides* as the dominant species, except in T4, where *Echinochloa crus-galli* (34.95%) and *Cynodon dactylon* (22.38%) were more abundant, followed by *S. juncooides* (19.61%). At 55 DAS, *S. juncooides* continued to dominate in T3 and T4 with SDR values of 31.24% and 29%, respectively.

As the season progressed, the weed composition shifted. By 80 DAS, sedge weeds were increasingly replaced by broadleaf species. At this stage, *Lindernia floribunda* emerged as the most dominant species across all treatments, followed by *Leptochloa chinensis*. However, in the unweeded check plot, grass and sedge weeds remained dominant, with *E. crus-galli*

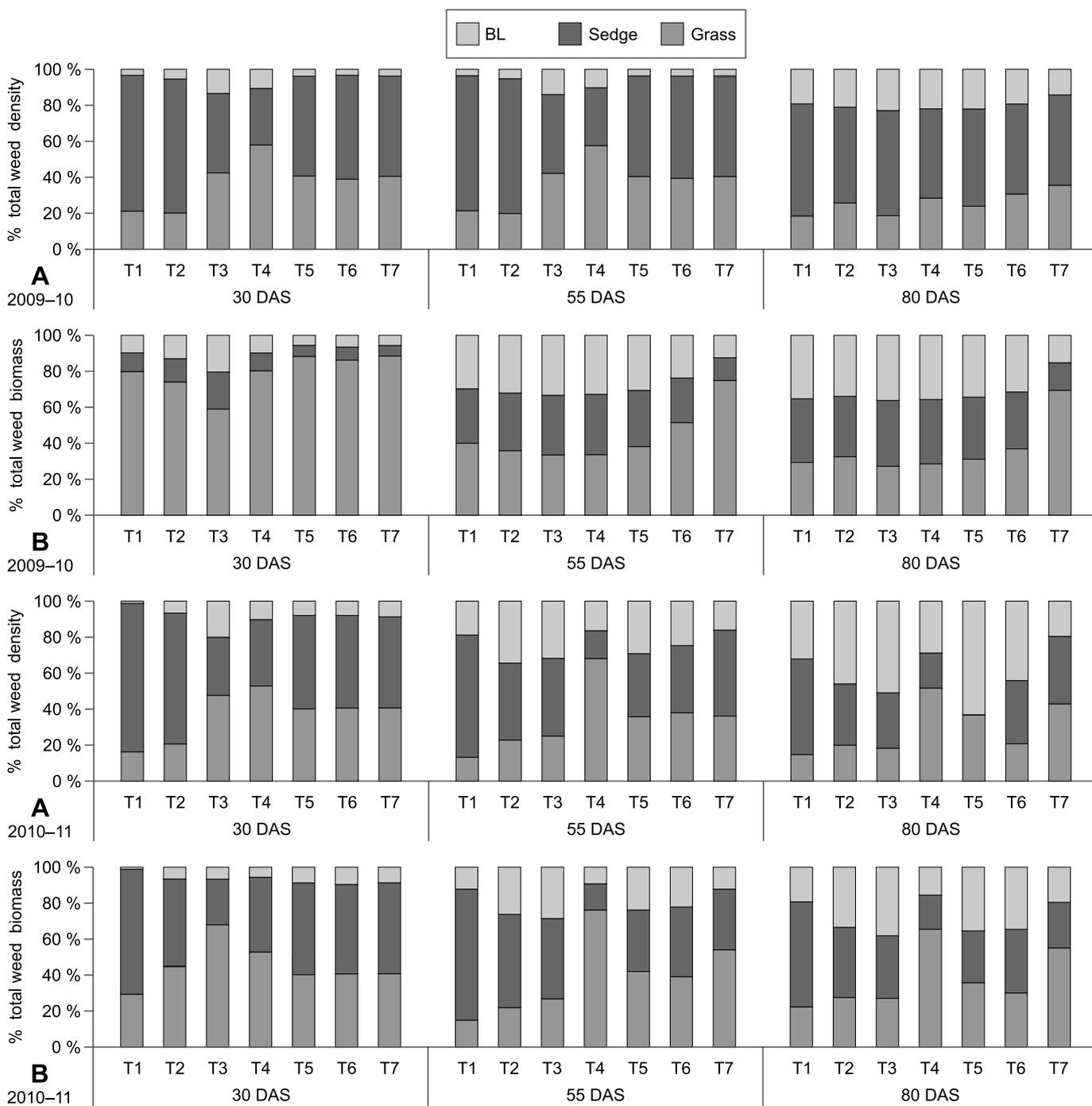


Figure 2. Relative proportion of different weed types in total weed density (A) and biomass (B) over 30–80 days after seeding (DAS). BL – broadleaf weeds

Рисунок 2. Относительная доля различных типов сорных растений в общей плотности (A) и биомассе (B) на 30–80 сутки после посева (DAS). BL – широколиственные сорные растения

(25.73%), *C. dactylon* (23.07%), and *S. juncooides* (22.43%) maintaining a high share of total weed coverage.

In 2010–11, ten weed species were recorded at 30 DAS, increasing to twelve at 55 and 80 DAS (Table 6). At 30 DAS, sedge weeds dominated in T1, T2, T5, T6, and T7, with *S. juncooides* contributing SDR values of 62.92%, 48.29%, 42.00%, 40.26%, and 39.82%, respectively. These communities were also characterized by notable shares of *E. crus-galli* and *C. dactylon*. By contrast, treatment T3 was dominated by *C. dactylon* (27.01%) and *E. crus-galli* (24.53%), while in T4, *E. crus-galli* led with 26.03%, followed by *S. juncooides* and *C. dactylon*. Additionally, T5, T6, and T7

were distinguished by the appearance of two new species, though they contributed minimally to overall coverage.

Weed infestation at 55 DAS was characterized by noticeable shifts in community composition. During this intermediate stage, the composition was more evenly distributed among grasses, sedges, and broadleaf weeds, with no clear dominance pattern. Treatments T1, T2, and T3 still showed the highest SDR values for *S. juncooides* (44.01%, 21.24%, and 17.53%, respectively), while in T5, T6, and T7, *E. crus-galli* was most dominant, followed by *S. juncooides*.

By 80 DAS, the weed community composition had shifted further, with broadleaf weeds becoming more dominant.

Lindernia floribunda attained the highest SDR across all treatments, indicating its strong late-season presence. In T4 and T7, *E. crus-galli* continued to contribute substantially, with SDR values of 22.39% and 25.62%, respectively

Coefficient of similarity

Comparison of species composition among weed communities across treatments in each planting season were made using the Sorensen's Index of Similarity (S). In 2009–2010 the Sorensen's Index of Similarity" reached its maximum value (100%) at different observation periods (30, 55 and 80 DAS) across all treatments, indicating 100% similarity in weed species composition between treatments. During the growing season of 2010–2011 (Tables 7) the coefficient of similarity remained rather high, varying from 82.35 to 100% across different treatments. At 30 DAS, the similarity indices ranged from 82.35% to 100%, with treatments T2, T3, and T4 exhibiting complete similarity. At 55 DAS, similarity values ranged from 86.95% to 100%, with complete similarity recorded in treatments T2, T6, and T7. By 80 DAS, weed communities across treatments became even more homogeneous, with similarity values varied between

90.0% and 100%. The consistently high similarity across treatments and observation dates suggests that the weed flora remained largely stable across the experimental plots and that management practices had relatively minor effects on species presence, though may have influenced weed density or dominance.

Weed indices and crop relationship

In 2009–2010 at 30 DAS, the lowest WPI value (0.66) was recorded for T₃ plot followed by T₄ 2009–2010 (Table 8). Both T₆ and unweeded control (T₇) showed the highest WPI values. At 80 DAS, T₃ treatment yielded the lowest WPI followed by T₄ treatment. The highest WPI was observed in T₁ treatment. At 30 DAS, crop resistance index (CRI) was highest in T₃ treatment (27.19) followed by T₄ treatment (19.45). At 80 DAS, the highest value of CRI was observed also in T₃ plot (30.80) followed by the T₄ plot (23.74). Lower values were observed in T₁ (10.49) and T₂ (13.03) plots. Higher CRI values were found to be consistently correlated with lower WPI and vice-versa. In the growing season of 2010–2011, similar relationships between WPI and CRI were observed (Table 9), where T₃ and T₄ treatments demonstrated lower WPI and

Table 5. Summed dominance ratio of weeds in wet direct-seeded rice under alternate wetting and drying in different periods across various weed management options during Boro season 2009–2010

Таблица 5. Суммированный уровень доминирования сорных растений при выращивании влажного риса прямого посева с попеременным увлажнением и осушением в сезон боры 2009–2010 гг.

Treatment Обработка	Weed Species / Вид сорных растений									
	CD	ECG	SJ	SZY	MV	CDF	CI	LC	FM	LF
30 days after seeding (DAS)										
T ₁	12.62	17.63	59.22	2.84	1.93	2.18	1.78	1.80	-	-
T ₂	13.44	15.05	58.13	3.48	2.64	2.33	2.23	2.70	-	-
T ₃	20.53	20.07	27.40	9.65	6.63	5.47	3.98	6.26	-	-
T ₄	22.38	34.95	19.61	4.72	4.29	5.52	4.52	4.00	-	-
T ₅	21.47	26.50	43.15	2.01	1.76	1.36	1.31	2.46	-	-
T ₆	18.61	26.45	45.40	1.30	2.82	1.61	1.47	2.34	-	-
T ₇	21.76	25.14	44.46	1.61	2.18	1.54	1.14	2.15	-	-
SE(±)	1.53	2.53	5.54	1.09	0.66	0.69	0.51	0.59		
55 DAS										
T ₁	7.65	12.81	42.38	7.00	5.49	5.77	4.34	2.62	3.04	8.90
T ₂	6.37	16.28	32.87	6.17	5.83	5.64	6.34	4.42	4.31	11.77
T ₃	8.66	8.63	31.24	6.17	6.20	6.48	7.87	6.09	5.72	12.94
T ₄	8.06	11.13	29.00	6.42	6.66	6.66	8.16	5.82	6.00	12.09
T ₅	7.27	16.08	29.05	7.19	5.81	6.49	6.32	4.66	5.29	11.83
T ₆	6.07	30.27	24.21	6.10	4.11	6.50	4.03	3.81	5.18	9.72
T ₇	22.76	24.56	30.48	3.67	3.39	4.57	3.14	0.92	1.61	4.90
SE(±)	2.23	2.91	2.11	0.44	0.44	0.28	0.74	0.68	0.60	1.05
80 DAS										
T ₁	7.13	10.45	16.96	7.48	7.40	6.91	7.10	10.31	5.35	20.92
T ₂	6.83	11.64	14.22	7.11	7.65	7.89	6.86	12.11	3.44	22.24
T ₃	6.40	7.69	10.27	6.88	7.43	7.59	6.23	15.09	5.12	27.31
T ₄	6.27	8.39	11.04	7.81	6.30	7.21	9.56	13.77	6.17	23.49
T ₅	7.01	9.48	11.69	7.78	5.98	6.69	9.23	13.06	5.81	23.28
T ₆	7.70	11.63	13.64	6.48	7.23	8.05	7.09	13.46	6.23	18.50
T ₇	23.07	25.73	22.43	4.32	4.19	4.84	3.62	2.28	2.80	6.73
SE(±)	2.32	2.34	1.60	0.46	0.47	0.41	0.75	1.63	0.51	2.49

CD = *Cynodon dactylon*, ECG = *Echinochloa crus-galli*, SJ = *Scirpus juncooides*, SZY = *Sphenoclea zeylanica*, MV = *Monochoria vaginalis*, CDF = *Cyperus difformis*, CI = *Cyperus iria*, LC = *Leptochloa chinensis*

FM = *Fimbristylis miliaceae*, LF = *Lindernia floribunda*;

T₁–T₇ annotation is given in Table 1.

higher CRI over different observation periods compared to other weed management treatments. Again, in the growing season of 2009–2010 (Table 10), T₃ and T₄ treatments showed a lower weed management index (WMI) at 30, 55, and 80 DAS compared to others treatments. At 80 DAS, higher WMI – 1.11 and 1.09I – were obtained in T₁ and T₆ treatments, respectively, and lower WMII – 0.96 and 0.98I – were recorded for T3 and T4 treatments. Regarding the agronomic management index (AMI), lower values were also obtained in T₃ and T₄ treatments at all observation periods (30, 55, and 80 DAS). Considering the integrated weed management index (IWMI), the lowest value of IWMI was found in T₃ plots followed by T₄ plots at 30, 55, and 80 DAS, while T₁, T₂, T₅, and T₆ plots recorded higher IWMI at the same observation period. At 80 DAS, the IWMI values showed notable variation among treatments. Lower values were observed in T3 (0.46) and T4 (0.48), while significantly higher values were recorded for T5 (0.56), T6 (0.59), and T1 (0.61), highlighting a clear difference in water management efficiency across the treatments.

During the 2010–2011 growing season (as shown in Table 11), WMI, AMI, and IWMI showed similar trends as in

the 2009–2010 season. However, the values of these indices were generally lower in 2010–2011 compared to the previous year.

Impact of weed biomass on yield loss

Average data from the 2009–2010 and 2010–2011 growing seasons showed no significant yield loss at 30 DAS. But at 55 DAS, significant yield loss was recorded, and yield loss showed linear and significant correlation with weed biomass. The relationship between weed biomass and yield loss at different crop growth periods (30, 55, and 80 DAS) is illustrated in Figure 3. At 30 DAS, the regression equation was: $Y = 0.5626x + 14.681$. The coefficient of determination: $R^2 = 0.1125$ (non-significant). The relationship between weed biomass and yield loss was not statistically significant. This suggests that weed biomass had no notable impact on rice yield early in the crop’s growth (30 DAS). At 55 DAS, the regression equation was: $Y = 0.6465x - 3.9319$. The coefficient of determination: $R^2 = 0.8463$ (highly significant, $p < 0.01$). A strong and significant positive linear relationship was observed. This means that yield loss increased substantially with rising weed biomass, approximately 9.1 to 13.7 g/m² of weed biomass caused

Table 6. Summed dominance ratio (SDR) of weeds in wet direct-seeded rice under alternate wetting and drying in different periods across various weed management options in Boro season 2010–2011

Таблица 6. Суммированный уровень доминирования (SDR) сорных растений при выращивании влажного риса прямого посева с попеременным увлажнением и осушением в сезон боры 2010–2011 гг.

Treatment Обработка	Weed Species / Вид сорных растений											
	CD	ECG	SJ	SZY	MV	CDF	CI	LC	LO	MN	LF	FM
30 days after seeding (DAS)												
T ₁	9.00	11.60	62.92	0.00	1.47	7.25	5.31	2.44	0.00	0.00	-	-
T ₂	11.72	17.95	48.29	2.45	4.24	6.11	5.15	4.10	0.00	0.00	-	-
T ₃	27.01	24.53	13.30	6.92	6.26	10.56	4.90	6.51	0.00	0.00	-	-
T ₄	19.56	26.03	23.43	5.00	2.81	3.95	5.87	13.35	0.00	0.00	-	-
T ₅	19.30	25.78	42.00	4.24	2.50	2.29	1.24	0.97	1.00	0.67	-	-
T ₆	17.38	28.63	40.26	4.75	2.45	1.34	1.85	1.77	0.85	0.71	-	-
T ₇	19.34	25.99	39.82	4.08	2.16	1.64	3.16	1.51	1.49	0.81	-	-
SE(±)	2.22	2.26	6.12	0.82	0.61	1.29	0.69	1.66	0.24	0.15		
55 DAS												
T ₁	6.03	8.49	44.01	4.86	0.00	13.43	5.90	0.00	2.26	1.44	6.48	7.10
T ₂	6.84	12.40	21.24	5.49	9.30	9.93	9.14	3.46	2.39	2.71	10.20	6.91
T ₃	7.88	11.85	17.53	8.94	7.12	7.87	10.39	6.95	0.00	5.53	8.49	7.44
T ₄	24.66	34.21	5.73	2.52	0.00	4.09	2.29	13.63	3.14	3.52	3.28	2.93
T ₅	10.50	21.88	19.34	5.41	0.00	3.87	6.42	6.70	5.23	4.72	11.15	4.77
T ₆	5.61	29.65	19.50	3.54	3.18	5.38	7.94	3.61	3.53	2.43	10.46	5.17
T ₇	19.57	23.27	30.83	2.98	3.13	2.88	3.61	2.87	1.86	1.63	4.72	2.65
SE(±)	2.84	3.67	4.52	0.82	1.41	1.45	1.10	1.65	0.61	0.58	1.16	0.75
80 DAS												
T ₁	7.20	7.22	26.79	4.81	0.00	10.53	9.10	4.56	3.78	0.00	17.26	8.76
T ₂	9.22	6.96	13.25	7.81	7.11	7.08	6.60	7.89	3.42	2.62	18.62	9.41
T ₃	7.70	6.56	8.12	6.42	5.29	8.43	8.71	8.57	4.80	1.18	26.54	7.68
T ₄	21.22	22.39	3.85	0.00	3.22	4.24	7.77	14.95	3.33	0.00	15.46	3.58
T ₅	5.94	12.76	6.53	8.63	4.09	5.37	9.50	13.40	2.59	3.22	22.98	4.99
T ₆	6.11	9.75	15.28	7.44	6.80	6.35	6.48	10.12	4.81	1.89	18.23	6.74
T ₇	20.37	25.62	19.21	4.74	4.36	4.71	3.13	3.64	2.15	1.42	6.83	3.82
SE(±)	2.54	2.97	3.02	1.10	0.91	0.84	0.83	1.59	0.38	0.46	2.34	0.89

CD = *Cynodon dactylon*, ECG = *Echinochloa crus-galli*, SJ = *Scirpus juncooides*, SZY = *Sphenoclea zeylanica*, MV = *Monochoria vaginalis*, CDF = *Cyperus difformis*, CI = *Cyperus iria*, LC = *Leptochloa chinensis*, LO = *Ludwigia octovalvis*, MN = *Marcelia minuta*, LF = *Lindernia floribunda*, FM = *Fimbristylis miliaceae*; T₁–T₇ annotation is given in Table 1.

Table 7. Sorensen's Index of similarity in weed species among different weed management treatments of wet direct-seeded rice under alternate wetting and drying irrigation in Boro 2010–2011**Таблица 7.** Индекс сходства Соренсена состава сорных растений в зависимости от обработки при выращивании влажного риса прямого посева с попеременным увлажнением и осушением в сезон боры 2010–2011 гг.

Treatment Обработка	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇
30 days after seeding (DAS)							
T ₁	-	93.33	93.33	93.33	82.35	82.35	82.35
T ₂	93.33	-	100	100	88.88	88.88	88.88
T ₃	93.33	93.33	-	100	88.88	88.88	88.88
T ₄	93.33	100	100	-	88.88	88.88	88.88
T ₅	82.35	88.88	88.88	88.88	-	100	100
T ₆	82.35	88.88	88.88	88.88	100	-	100
T ₇	82.35	88.88	88.88	88.88	100	100	-
55 DAS							
T ₁	-	90.90	85.71	95.23	95.23	90.90	90.90
T ₂	90.90	-	95.65	95.65	95.65	100	100
T ₃	85.71	95.65	-	90.90	90.90	95.65	95.65
T ₄	95.23	95.65	90.90	-	100	95.65	95.65
T ₅	95.23	95.65	90.90	100	-	86.95	95.65
T ₆	90.90	100	95.65	95.65	86.95	-	100
T ₇	90.90	100	95.65	95.65	95.65	100	-
80 DAS							
T ₁	-	90.90	90.90	90.0	90.90	90.90	90.90
T ₂	90.90	-	100	90.90	100	100	100
T ₃	90.90	100	-	90.90	100	100	100
T ₄	90.0	90.90	90.90	-	90.90	90.90	90.90
T ₅	90.90	100	100	90.90	-	100	100
T ₆	90.90	90.90	100	90.90	100	-	100
T ₇	90.90	100	100	90.90	100	100	-

T₁–T₇ annotation is given in Table 1.**Table 8.** Effect of weed control methods on Weed Persistence Index (WPI) and Crop Resistance Index (CRI) in wet direct-seeded rice at 30, 55 and 80 days after seeding (DAS) during Boro season 2009–2010**Таблица 8.** Влияние методов борьбы с сорными растениями на индекс персистирования сорных растений (WPI) и индекс резистентности культуры (CRI) при выращивании влажного риса прямого посева через 30, 55 и 80 дней после посева (DAS) в сезон боры 2009–2010 гг.

Treatment Обработка	WPI			CRI		
	30 DAS	55 DAS	80 DAS	30 DAS	55 DAS	80 DAS
T ₁	0.763	0.735	0.869	7.80	8.59	10.49
T ₂	0.767	0.715	0.769	8.07	12.11	13.03
T ₃	0.666	0.660	0.618	27.19	19.53	30.80
T ₄	0.692	0.666	0.630	19.45	16.12	23.74
T ₅	0.995	0.718	0.734	2.93	11.52	15.79
T ₆	1.013	0.717	0.759	2.90	11.01	13.06
T ₇	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

T₁–T₇ annotation is given in Table 1.

1% to 10% yield loss, respectively. At 80 DAS, the regression equation was: $Y = 0.8382x + 2.5279$. The coefficient of determination: $R^2 = 0.8522$ (highly significant, $p < 0.01$). The relationship was again strong and significant, even more pronounced than at 55 DAS. A weed biomass of just 9.01 g/m² resulted in a 10% yield loss at 80 DAS. These findings clearly indicate that weed biomass has an increasingly severe impact

on yield loss as the crop matures. While early-season weeds (30 DAS) may not significantly affect yield, unchecked weed growth during the mid to late periods (55 and 80 DAS) results in substantial yield reductions. Rice plants become more sensitive to weed competition at later stages, and even small amounts of weed biomass can cause significant yield losses by 80 DAS (Figure 3).

Table 9. Effect of weed control methods on Weed Persistence Index (WPI) and Crop Resistance Index (CRI) in wet direct-seeded rice at 30, 55 and 80 days after seeding (DAS) during Boro season 2010–2011

Таблица 9. Влияние методов борьбы с сорными растениями на индекс персистирования сорных растений (WPI) и индекс резистентности культуры (CRI) при выращивании влажного риса прямого посева через 30, 55 и 80 дней после посева (DAS) в сезон боры 2010–2011 гг.

Treatment Обработка	WPI			CRI		
	30 DAS	55 DAS	80 DAS	30 DAS	55 DAS	80 DAS
T ₁	0.84	0.84	0.95	3.25	4.01	3.88
T ₂	0.85	0.85	0.97	4.88	4.89	4.82
T ₃	0.75	0.75	0.56	11.26	13.78	14.67
T ₄	0.87	0.87	0.75	8.09	11.04	11.14
T ₅	0.96	0.96	0.76	1.58	4.46	5.82
T ₆	0.91	0.91	0.67	1.52	4.93	4.16
T ₇	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

T₁–T₇ annotation is given in Table 1.

Table 10. Effect of weed control methods on three agronomic indices of weed-crop relationships in wet direct-seeded rice at 30, 55 and 80 days after seeding (DAS) during Boro season 2009–2010

Таблица 10. Влияние методов борьбы на отношения сорных растений с культурой влажного риса прямого посева через 30, 55 и 80 дней после посева (DAS) в сезон боры 2009–2010

Treatment Обработка	Weed Management Index Индекс контроля сорных растений			Agronomic Management Index Индекс агротехнического контроля			Integrated weed Management Index Индекс интегрированного контроля сорных растений		
	30 DAS	55 DAS	80 DAS	30 DAS	55 DAS	80 DAS	30 DAS	55 DAS	80 DAS
T ₁	1.26	1.198	1.11	0.26	0.198	0.105	0.76	0.698	0.61
T ₂	1.27	1.075	1.06	0.27	0.075	0.058	0.77	0.575	0.56
T ₃	0.98	1.034	0.96	-0.02	0.034	-0.036	0.48	0.534	0.46
T ₄	1.01	1.052	0.98	0.01	0.052	-0.017	0.51	0.552	0.48
T ₅	162.76	1.143	1.06	161.76	0.143	0.055	162.26	0.643	0.56
T ₆	41.84	1.142	1.09	40.84	0.142	0.087	41.34	0.642	0.59
T ₇	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

T₁–T₇ annotation is given in Table 1.

Table 11. Effect of weed control methods on three agronomic indices of weed-crop relationships in wet direct-seeded rice at 30, 55 and 80 days after seeding (DAS) during Boro season 2010–2011

Таблица 11. Влияние методов борьбы на отношения сорных растений с культурой влажного риса прямого посева через 30, 55 и 80 дней после посева (DAS) в сезон боры 2010–2011

Treatment	Weed Management Index Индекс контроля сорных растений			Agronomic Management Index Индекс агротехнического контроля			Integrated weed Management Index Индекс интегрированного контроля сорных растений		
	30 DAS	55 DAS	80 DAS	30 DAS	55 DAS	80 DAS	30 DAS	55 DAS	80 DAS
T ₁	0.51	0.47	0.31	0.13	0.11	0.001	0.57	0.53	0.31
T ₂	0.32	0.36	0.28	0.05	0.07	0.014	0.35	0.40	0.28
T ₃	0.15	0.14	0.08	-0.01	-0.02	-0.071	0.15	0.13	0.05
T ₄	0.23	0.18	0.17	0.05	0.01	0.001	0.26	0.18	0.17
T ₅	7.96	0.43	0.22	0.85	0.18	0.033	8.38	0.52	0.24
T ₆	5.13	0.43	0.26	0.80	0.16	0.047	5.53	0.51	0.28
T ₇	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

T₁–T₇ annotation is given in Table 1.

Grain yield and yield components

In 2009–2010 (Table 12), the number of panicles m⁻² was the highest (389) under the treatment mefenacet+bensulfuron methyl with 1HW (T₃) which was statistically identical to treatment with pyrazosulfuron ethyl with 1HW (T₄) that produced 373 panicles m⁻² followed by hand weeding performed

three times (T₅) and BRR1 weeder + 1 HW (T₆). The lowest panicle density (136) was observed in control (T₇). Similarly, the highest number of grains per panicle was produced in T₃ treatment (89) although it did not differ statistically from all other weeding treatment except control plot (T₇). Mefenacet + bensulfuron methyl with 1HW (T₃) resulted in the longest

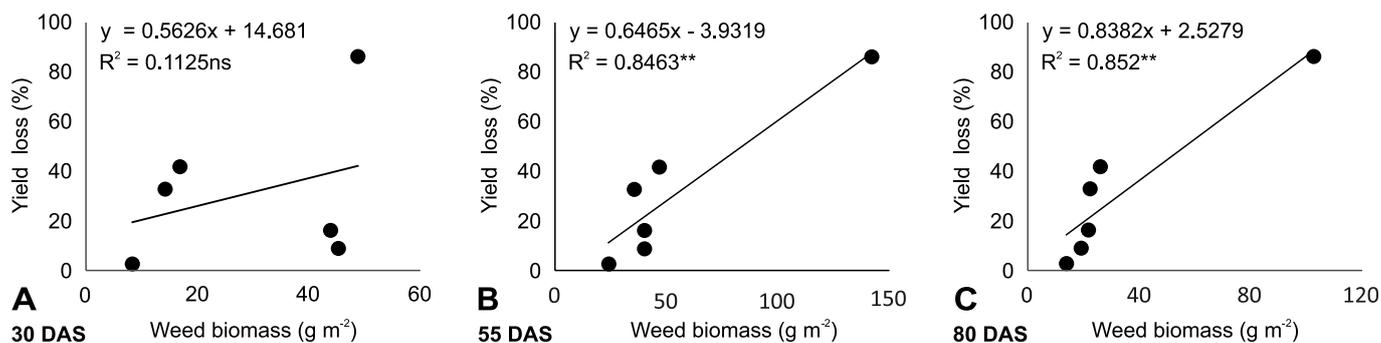


Figure 3. Relationship between weed biomass and yield loss in wet direct-seeded rice under alternate wetting and drying irrigation condition on 30, 55 and 80 days after seeding (DAS)

Рисунок 3. Взаимодействие между биомассой сорной растений и потерей урожая влажного риса прямого посева при попеременном увлажнении и осушении на 30, 55 и 80 сутки после посева (DAS)

Table 12. Yield and yield contributing characters of WDSR in different weed management options under AWD condition during the Boro seasons of 2009–2010 and 2010–2011

Таблица 12. Урожай и показатели урожайности влажного риса прямого посева при попеременном увлажнении и осушении в сезон боры 2009–2010 и 2010–2011 гг.

Treatment Обработка	Panicle number, ex. m ⁻² Число метелок, шт. m ⁻²		Number of grains per panicle Число зерен на метелку		Weight of 1000 grains, g Вес 1000 зерен, г		Grain yield, t ha ⁻¹ Урожай зерна, т га ⁻¹	
	2009–2010	2010–2011	2009–2010	2010–2011	2009–2010	2010–2011	2009–2010	2010–2011
T ₁	231	300	81	85	23.65	23.23	4.92	4.61
T ₂	261	317	82	87	23.07	23.09	5.41	5.32
T ₃	389	421	89	96	24.41	24.48	6.88	7.91
T ₄	373	395	85	93	24.00	24.09	6.53	7.71
T ₅	325	388	84	90	23.63	23.66	6.44	7.22
T ₆	316	352	83	88	24.35	23.32	6.19	6.64
T ₇	136	197	31	48	20.48	20.76	0.94	1.09
LSD ₍₀₅₎	46.40	29.90	14.03	15.83	1.47	1.62	1.33	0.48
CV(%)	8.98	4.96	10.31	10.59	2.76	3.93	14.07	4.68

T₁–T₇ annotation is given in Table 1.

(22.53 cm) panicles which albeit were statistically not different from those treated with pyrazosulfuron ethyl with 1HW (T₄). The shortest (17.08 cm) panicle length was obtained from the control treatment (T₇). A 1000-grain weight also varied significantly among the treatments. The highest weight was attained with T₃ treatment which was similar with triple hand-weeding (T₆). In the growing season of 2010–2011, similar

patterns were observed in the yield outcome. During 2009–2010 & 2010–2011, the highest grain yield (6.88 and 7.91 t ha⁻¹) was produced from the treatment mefenacet+bensulfuron methyl with 1HW (T₃) which was on par with pyrazosulfuron-ethyl + 1HW (T₄) with grain yields of 6.53 and 7.71 t ha⁻¹. The control treatment produced significantly lower yield and yield components during both seasons.

Discussion

Weed growth and weed control efficiency (%)

In general, weed density and biomass were lowest with the herbicide mefenacet+bensulfuron methyl followed by pyrazosulfuron ethyl at all observation dates during both planting seasons, whereas the weedy control plot produced the highest density and biomass of weeds. At 30 DAS, weed density and biomass were comparable in the control, triple hand-weeding, and BRRI weeder + one hand-weeding plots, as no weeding had been applied in any of these treatments at that time. At 30 DAS, a maximum reduction (as percentages to weedy control) in total weed density and weed dry weight was recorded 82.55% and 88.26%, respectively, in the mefenacet+bensulfuron methyl treated plot followed by pyrazosulfuron ethyl treatment with 77.36% and 84.59%.

Similarly, at 55 and 80 DAS, the reduction of average weed number and biomass was more than 70% and 80% for the treatment of mefenacet+bensulfuron methyl and pyrazosulfuron-ethyl. A significant impact of treatments on weeds as observed in this study confirms the findings of many other researchers (Jaya *et al.*, 2011; Rao *et al.*, 2007; Mahajan *et al.*, 2009). During both growing seasons, higher effectiveness of weed control (WCE>80%) was achieved with the treatment mefenacet + bensulfuron methyl and Pyrazosulfuron. These data agree with those by Bhuiyan and Gazi (2010), who reported that mefenacet + bensulfuron methyl 53%WP @ 594g ai ha⁻¹ lead to higher WCE (> 80%) and lower density and dry weight of weeds which ultimately resulted in higher yield components and grain yield of rice.

Weed infestation

In this study, rice fields were infested with different weed species, exhibiting notable variation in their relative density and importance value across different stages of the growing season. During the 2009–2010 season, ten weed species were identified in the unweeded control plots, while twelve species were observed in the 2010–2011 season. Weed communities consisted of a mixture of grasses, sedges, and broadleaf species throughout both years. *Scirpus juncooides* was the most dominant and consistently occurring species in both growing seasons. In 2009–2010, *Fimbristylis miliacea* and *Lindernia floribunda* were significantly present at 55 days after seeding (DAS), likely due to their phenological traits and favorable environmental conditions at that time. By contrast, during the 2010–2011 season, two other species, *Ludwigia octovalvis* and *Marsilea minuta* were recorded, which may also relate to conducive environmental factors specific to that season. Analysis of weed relative density indicated that the sedge *Scirpus juncooides*, along with the grasses *Echinochloa crus-galli* and *Cynodon dactylon*, were the most prevalent species in the weed community. Notably, the relative density of broadleaf weeds increased in the later stages of the growing season, while that of grasses and sedges declined. These findings align with previous reports by Bhuiyan et al. (2010) and Hasanuzzaman et al. (2008), who documented similar patterns in weed population dynamics in rice ecosystems.

Relative proportions of different weed types

Weed management decisions may be efficient if based on the relative weed density and dry matter weight in a given weed community. In the present study up to 30 DAS, densities of sedge weeds contributed over 80% in most of the treatments while broadleaf weeds contributed less, but over time, the contribution of broadleaf weeds increased. At 55 and 80 DAS, the relative contribution was also higher in sedges followed by grass. At 30 DAS, weed dry matter contribution was much higher in grasses followed by sedges and broadleaves. However, at 55 and 80 DAS, the contribution of sedges and broadleaves increased, although grasses still contributed the most. Although sedges showed the highest densities, grasses contributed more dry matter at all sampling times in both growing seasons. Weed species composition changed over time according to the period of the growing season and weed management treatment in both years. The results of the present study disagree with previous findings of Khaliq et al. (2011) who found that broad-leaved weeds account for >50% of total weed dry biomass in the early season while grasses and sedges contributed over 80% in the late season. The local climate and hydrology of the experimental site were conducive to luxurious weed growth and diversity, as the fields were not immersed in water due to AWD irrigation. The differences in weed density, dry biomass, and relative proportions of different weed types can be attributed partly to treatment differences and partly to the inherent weed flora of the site. Understanding the structure of weed communities, in terms of dry matter and density of various weed types, will facilitate the development of effective and economical weed management strategies in WDSR under AWD irrigation system.

Weed Composition and Summed Dominance Ratio

SDR is more informative than any single measure in reflecting the contribution of a weed species in the community. During both growing seasons, at 30 and 55 DAS, the most

dominant weed species was *Scirpus juncooides*. After 55 DAS, the weed species dominance pattern changed, with broadleaf weeds dominated over sedges and grasses. However, in control plots, grasses and sedges always showed the highest dominance. The treatment mefenacet + bensulfuron methyl and pyrazosulfuron - ethyl was also dominated by *Scirpus juncooides* followed by *Echinochloa crus-galli* and *Cynodon dactylon* at 30 DAS but grasses and sedges were replaced by broadleaves at 55 and 80 DAS in both growing seasons. In the later sampling time (80 DAS), *Lindernia floribunda* was the most dominant weed species in plots treated with mefenacet + bensulfuron methyl and pyrazosulfuron ethyl treatment, accompanied with some other broadleaf and grass weeds. *Sphenoclea zeylanica*, *Lindernia floribunda* and *Leptochloa chinensis* started to dominate the weed community after 30 DAS in both growing seasons. Bhagat et al. (1999) stated that the period from 45 to 60 DAS is the stage when maximum weed pressure against the rice crop is observed. Rice yields drastically declined to their lowest production when rice and weeds competed in the absence of weed control measures between 56 and 72 DAS (Mahfuz, 2006). In the present study, it was found that sedges and grass weeds were highly dominant in the early competition stages (30–55 DAS) across treatments, while the broadleaves started to dominate after 55 DAS, reaching their peak at the latest stage. Based on summed dominance ratio (SDR), averaged over two planting seasons, the most dominant weed species could be arranged in the next order: *Scirpus juncooides* > *Echinochloa crus-galli* > *Cynodon dactylon* > *Lindernia floribunda* > *Leptochloa chinensis* > *Sphenoclea zeylanica* > *Cyperus iria* > *Cyperus difformis* > *Fimbristylis miliacea* > *Monochoria vaginalis*. Anwar et al. (2012) observed similar species dominance in aerobic rice system in different weed management systems. Grass and sedge weeds were found to be more aggressive in this study, which might be due to AWD irrigation conditions that favored grass and sedge weeds more than the broadleaf weeds at early growing season. The abundance of broadleaf weeds under water-saturated conditions has also been reported by Juraimi et al. (2011).

Coefficient of similarity

Comparison of weed species composition between treatments in each planting season were made using the Sorensen Index of Similarity (S) (Goldsmith et al., 1986). During 2009–2010, S value was 100% indicating no difference in weed species across treatments. In this planting season, eight weed species were observed in each treatment. But during 2010–2011, the S value was observed to range from 82.35 to 100% at 30 DAS. Later, at 55 DAS the S value ranged from 85.71 to 100% and at 80 DAS from 90.90 to 100%. These results revealed that differences in weed management treatments did not significantly affect the composition of weed species. These results are consistent with the observations of Bhagat et al. (1999).

Weed indices and crop relationships

A lower Weed Persistence Index (WPI) was consistently observed in plots treated with mefenacet + bensulfuron-methyl and pyrazosulfuron-ethyl across all observation periods, indicating the higher weed control effectiveness (WCE) of these treatments during both growing seasons. At the initial observation (30 DAS), the three hand weeding (3HW) and BRRI weeder + one hand weeding (1HW) treatments recorded

higher WPI values, as no weed control measures had yet been applied, making these plots comparable to untreated controls. During this stage, grasses and sedges contributed predominantly to the higher WPI values. The application of mefenacet + bensulfuron-methyl and pyrazosulfuron-ethyl also resulted in consistently higher Crop Resistance Index (CRI) values at all crop growth stages across both seasons, reflecting improved crop competitiveness. These findings align with those of Khaliq et al. (2011), who reported a lower WPI (0.28) value under manual weeding and a higher WPI (0.88) with bispyribac-sodium application. Furthermore, lower values of the Weed Management Index (WMI), Agronomic Management Index (AMI), and Integrated Weed Management Index (IWMI) were recorded in the chemically treated plots, confirming their superior weed control performance under WDSR conditions with alternate wetting and drying (AWD) irrigation. These results are consistent with Singh et al. (2008), who also reported improved weed indices under integrated weed control strategies.

Weeds are a major biological constraint in WDSR due to the parallel emergence of weeds and rice seedlings, making them difficult to control. Effective strategies for weed management in WDSR depend on the critical period of weed control, the local weed flora and the implementation method. In order to achieve effective management of weeds in WDSR under AWD irrigation multiple weed management techniques were examined. Under AWD conditions in WDSR, *Scirpus juncooides*, *Echinochloa crus-galli* and *Cynodon dactylon* were the most dominant weed species while *Fimbristylis miliaceae*,

Yield, yield components, and yield loss

Grain yield increased with weed management treatments compared to the unweeded control in both years. The treatment mefenacet+bensulfuron methyl achieved grain yields of 6.88 and 7.91 t ha⁻¹ in 2009–2010 and 2010–2011 years respectively. This might be due to proper weed management in these plots, which enhanced the efficiency of weed control resulting in higher photosynthetic capacity, growth and development of rice. The herbicides, oxadiargyl and pendimethalin, did not produce better yield due to their phytotoxic effect on rice seedlings and lower weed control efficiency. Our results agree with those of many authors (Jaya et al., 2011; Bhuiyan et al., 2010; Johnson et al., 2004). Weeding treatments consistently resulted in higher yield and better yield components. Average yield losses due to weed infestation were recorded at 83% in the 2009–2010 season and 84% in the 2010–2011 season, regardless of the weeding treatments applied.

Conclusion

Cyperus iria and *Lindernia floribunda* were only sporadically recorded. Weed persistence index, weed management index, and agronomic management index were lower in the mefenacet + bensulfuron methyl + 1HW and pyrazosulfuron - ethyl + 1HW treatments at 30, 55 and 80 DAS. The application of pyrazosulfuron ethyl or mixture of mefenacet and bensulfuron methyl, followed by hand weeding at 55 DAS resulted in higher grain yield and proved to be the best weed management option for WDSR under the AWD irrigation system.

Acknowledgments

The authors are thankful to Bangladesh Rice Research Institute (BRRI), Gazipur, Bangladesh, for providing the necessary research facilities and fund from the project of “Strengthening and capacity building of biotechnology laboratory in BRRI, Ministry of Agriculture, Bangladesh.

References

- Alam MR, Hoque MO, Rahman MA, Islam F, Hossain MA, Molla MCH (2002) Effect of weed control methods on growth and grain yield of rainfed Aus rice. *Asian J Plant Sci* 1:298–299
- Anwar M P, Juraimi A S, Samedani B, Puteh A, Man A (2012) Critical period of weed control in aerobic Rice. *Sci World J* 2012:603043. <https://doi.org/10.1100/2012/603043>
- Awan IU, Nadim MA, Anjam F, Khan, DI, Hayat K 2003: Impact of pulse applications of herbicides on biomass of grasses and sedges and their effects on the yield and yield components of direct wet-seeded rice. *Int Rice Res Notes* 28(2):48–49.
- Bhagat RM, Bhuiyan SI, Moody K, Estorninos LE (1999) Effect of water, tillage and herbicides on ecology of weed communities in intensive wet-seeded rice system. *Crop Protection* 18:293–303.
- Bhagat RM, Bhuiyan SI, Moody K (1996) Water, tillage and weed interactions in lowland tropical rice: a review. *Agric Water Manag* 31:165–184.
- Bhuiyan MKA, GJU Ahmed GJU, Mridha AJ, Begum JA (2009) Performance of weed management practices under different establishment methods of rice (*Oryza sativa*) in dry season. *Bangladesh Agron J* 12(1&2):73–79.
- Bhuiyan MKA, Ahmed GJU, Mridha AJ, Ali MG, Begum JA, Hossain ST (2010) Performance of Oxadiargyl 400 SC for weed control in transplanted rice. *Bangladesh J. Weed Science* 1(1):57–63
- Bhuiyan MKA, Ahmed GJU (2010) Performance of mefenacet+bensulfuron methyl 53% Wp against weed suppression in transplanted paddy. *Pak. J. Weed Sci. Res.* 16 (2) 181–187.
- Bhuiyan MKA, Mridha AJ, GJU Ahmed, Begum JA, Sultana R (2011) Performance of chemical weed control in direct wet seeded rice culture under two agro-ecological conditions of Bangladesh. *Bangladesh J Weed Sci* 2 (1&2):1–8
- Gill GS, Vijaya Kumar K (1969) “Weed index” A new method for reporting weed control trials. *Ind J Agron* 16:96–98
- Goldsmith FB, Harrison CM, Morton AJ (1986) Description and analysis of vegetation. In: P.D. Moore and S.B. Champman, (Eds). *Methods in plant ecology*. Blackwell Scientific publications. Oxford, England.
- Gomez KA (1972) *Techniques for field experiments with rice*. IRRI, Los Banos, Laguna, Philippines.
- Hasanuzzaman M, Islam MO, Bapari MS (2008) Efficacy of different herbicides over manual weeding in controlling weeds in transplanted. *Austr J Crop Sci* 2(1):18–24

- Janiya JD, Moody K (1989) Weed populations in transplanted and wet-seeded rice as affected by weed control method. *Trop Pest Manag* 35(1):8–11
- Suria ASMJ, Juraimi AS, Rahman MM, Man AB, Selamat A (2011) Efficacy and economics of different herbicides in aerobic rice system. *Afr J Biotechnol* 10(41):8007–8022
- Johnson DE, Wopereis MCS, Mbodj D, Diallo S, Powers S, Haefele SM (2004) Timing of weed management and yield losses due to weeds in irrigated rice in the Sahel. *Field Crops Res* 85:31–42
- Juraimi AS, Muhammad Saiful AH, Kamal Uddin M, Rahim AA, Azmi M (2011) Diversity of weeds under different water regimes in irrigated direct seeded rice. *Austr J Crop Sci* 5(5):595–564
- Khaliq A, Riaz MY, Matloob A (2011) Bio-economic assessment of chemical and non-chemical weed management strategies in dry seeded fine rice. *J Plant Breed Crop Sci* 3(12):302–310
- Bhagat RM, Bhuiyan SI, Moody K, Estorninos LE (1999) Effect of water, tillage and herbicides on ecology of weed communities in intensive wet-seeded rice system. *Crop Protection* 18:293–303
- Kim SC, Moody K (1983) Minimum sampling size and minimum quadrat number for weed data collection in transplanted rice. *J Kor Soc Crop Sci* 28(3):319–322
- Mahajan G, Chauhan BS, Johnson DE (2009) Weed management in aerobic rice in Northwestern Indo-Gangetic Plains. *J Crop Improv* 23:366–382
- Mahfuza B (2006) Biology and management of *Fimbristylis miliacea* in direct seeded rice. Ph.D. Thesis. Universiti Putra Malaysia. 262 pp.
- Misra A, Tosh GC (1979) Chemical weed control studies on dwarf wheat. *J Res Orissa Univ Agric Tech* 10:1–6
- Misra M, Misra A (1997) Estimation of IPM index in jute: a new approach. *Ind J Weed Sci* 29(1&2):39–42
- Rao AN (1985) Weed vegetation analysis. Lecture presented to participants attending the Weed Science Workshop, IRRI, Los Baños, Philippines.
- Rao AN, Johnson DE, Sivaprasad B, Ladha JK, Mortimer AM (2007) Weed management in direct seeded rice, *Adv Agron* 93:153–255
- Russell DF (1986) MSTAT-C (A computer based data analysis software). Crop and Soil Science Department, Michigan State University, USA.
- Singh S, Ladha JK, Gupta RK, Bhushan L, Rao AN (2008) Weed management in aerobic rice systems under varying establishment methods. *Crop Protection* 27:660–671
- Vial LK (2005) Aerobic and Alternate wet and drying (AWD) Rice system. Nuffield Australian project No. RABO 090.

Вестник защиты растений, 2025, 108(1), с. 35–49

OECD+WoS: 4.01+AM (Agronomy)

<https://doi.org/10.31993/2308-6459-2025-108-1-16765>

Полнотекстовая статья

ВЛИЯНИЕ СТРАТЕГИЙ БОРЬБЫ С СОРНЫМИ РАСТЕНИЯМИ НА ИХ РОСТ И СОСТАВ СООБЩЕСТВА, А ТАКЖЕ УРОЖАЙНОСТЬ ВЛАЖНОГО РИСА ПРЯМОГО ПОСЕВА ПРИ ПОПЕРЕМЕННОМ УВЛАЖНЕНИИ И ОСУШЕНИИ

М.К.А. Буйян¹, С.У. Буйя², М.А. Салек¹, А. Хатун¹

¹Бангладешский институт изучения риса, Газипур, Бангладеш

²Бангладешский сельскохозяйственный университет, Маймансингх, Бангладеш

*ответственный за переписку, e-mail: bhuiyanbrri@gmail.com

Системы управления водными ресурсами для влажного риса прямого посева (WDSR) с попеременным увлажнением и осушением (AWD) оказались эффективными ресурсосберегающими (RC) технологиями для производства риса. Однако практика борьбы с сорными растениями в ресурсосберегающих технологиях не была должным образом рассмотрена в литературе. Целью данного исследования было изучение динамики сорных растений и интегрированных стратегий борьбы с ними в WDSR в системе орошения AWD. Было проведено два полевых эксперимента с семью вариантами борьбы с сорняками в течение двух последовательных вегетационных сезонов, 2009–2010 и 2010–2011, в Бангладешском институте исследований риса, Газипур. Результаты показали, что наиболее важными были такие виды, как *Scirpus juncooides*, *Echinochloa crus-galli* и *Cynodon dactylon*. Напротив, *Fimbristylis miliacea*, *Cyperus iria* и *Lindernia floribunda*, по-видимому, принадлежали к наименее важной группе. Сорные растения, которые вмешивались в течение 55 дней после посева, оказали значительное влияние на рост и урожайность риса. Со временем рейтинг доминирования сорных растений изменился. Применение гербицидов мефенацет+бенсульфуронметил и пирazosульфуронэтил вместе с одноручной прополкой эффективно снижало рост сорных растений, что приводило к более высокой эффективности борьбы с ними и урожайности зерна. Эти две обработки снижали показатели, связанные с сорными растениями, и повышали устойчивость культур.

Ключевые слова: выращивание риса, динамика сорных растений, борьба с сорными растениями, урожай зерна

Поступила в редакцию: 24.12.2024

Принята к печати: 04.04.2025

FIRST REPORT OF THE NATURAL INFECTION OF *CEPHALEUROS VIRESCENS* CAUSING ALGAL SPOT ON AVOCADO LEAVES IN THE PHILIPPINES

M.A. Balendres^{1,2*}, R.J. Lapira^{1,3}

¹ Department of Biology, College of Science, De La Salle University, Manila, Philippines

² Plant and Soil Health Research Unit, Center for Natural Sciences and Environmental Research, De La Salle University, Manila, Philippines

³ Department of Natural Sciences, College of Arts and Sciences, San Beda University, San Miguel, Manila, Philippines

*corresponding author, e-mail: mark.angelo.balendres@dlsu.edu.ph

The avocado *Persea americana* is an important tropical fruit that is a good source of vitamins and minerals, as well as fatty acids and lipids. It is also an important fruit tree for growers as a source of livelihood. In April 2024, severe infections of algal spot characterized by circular, orange to brown spots were observed on the leaves of avocado plants grown in Guagua, Pampanga, Philippines. Based on morphology, the pathogen associated with the algal spot was identified as *Cephaleuros virescens*. This is the first confirmed record of *C. virescens* on avocado leaves in the Philippines.

Keywords: foliar pathogen, leaf disease, parasitic alga, *Persea americana*

Submitted: 12.02.2025

Accepted: 23.05.2025

Introduction

The avocado *Persea americana* Mill. contains vitamins, minerals, and fatty acids and is rich in polar lipids that have important roles in cell membrane processes (Zafar and Sidhu, 2011; Araújo et al., 2018). This plant, native to Mexico and Central America, is grown in 884,035 hectares in 72 countries with a total production quantity of more than 9 million tons in 2022 (Food and Agriculture Organization ..., 2024). More than half of the avocados were produced in South America, with Mexico (28%), Colombia (12%), Peru (9.5%), and Dominican Republic (8%) as top producing countries (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2024). In Southeast Asia, Indonesia is the top producer at 389,000

tons, ranking 6th in the world's production of avocado. The Philippines ranks 33rd, producing 20076 tons of avocado in 2022. *Cephaleuros virescens* is a filamentous green alga that parasitizes plants, mainly infecting the leaves (Nelson 2008). This pathogen is characterized by a thallus that grows primarily on leaf surfaces below the cuticle (Nelson, 2008).

In April 2024, severe algal spot infection was observed on the leaves of avocado *P. americana* grown in Guagua, Pampanga, Philippines. This symptom on avocado leaves has never been reported in the Philippines. Therefore, this study aimed to confirm and verify the algal spot pathogen through morphological characterization.

Materials and Methods

The ten samples were collected from ten two-year-old avocado trees planted with the distance of 4 meters between trees. All samples were placed in envelopes and returned to the laboratory of the Department of Biology, College of Science, De La Salle University, Manila, Philippines. The specimens were deposited in the DLSU Plant and Soil Health Research

Unit Microbe Repository. Pieces of the infected leaves were carefully excised with a scalpel. Pathogen samples were mounted on microscope slides with distilled water and covered with a cover slip. The prepared slides were then examined under a light microscope (Nikon Eclipse Ei, Japan).

Results

Symptoms on avocado leaves were the presence of circular, orange to brown spots, usually protruding, which varied in size and were scattered on the adaxial side of the leaves (Fig. 1). No wilting or yellowing of leaves was observed. Morphologically, the pathogen (Fig. 2) had thalli with circular disks growing on

the surface of the leaves (Fig. 2a), continuously, with a pseudoparenchymatous growth habit, having slender filament setae (Fig. 2e), terminal sporangiophores that were clumped, and globular to elliptical sporangia (Fig. 2b-d, 2f).

Discussion

Cephaleuros virescens is the most common pathogen causing algal spot disease, found on avocados (Nelson 2008, Suto & Ohtani 2009, Pitaloka et al., 2015). In this study, *C. virescens* has been identified as the pathogen associated with algal spot disease in avocado leaves collected from the Philippines. The symptoms and characteristics of our specimens (see Results section) were similar to *C. virescens* (Suto, Ohtani, 2009, Pitaloka et al., 2015). The infection on leaves only occurred on

the adaxial side, and no visible necrotic spots were observed on the abaxial part (Suto et al. 2014). High temperature and relative humidity, which are common conditions in the Philippines, are favorable for the algal spot development (Malaga et al. 2011). This study collected the diseased leaf samples around April 2024, when conditions were hot and dry (no precipitation) but humid (high relative air humidity). The temperature in the Province of Pampanga in April 2024 reached as

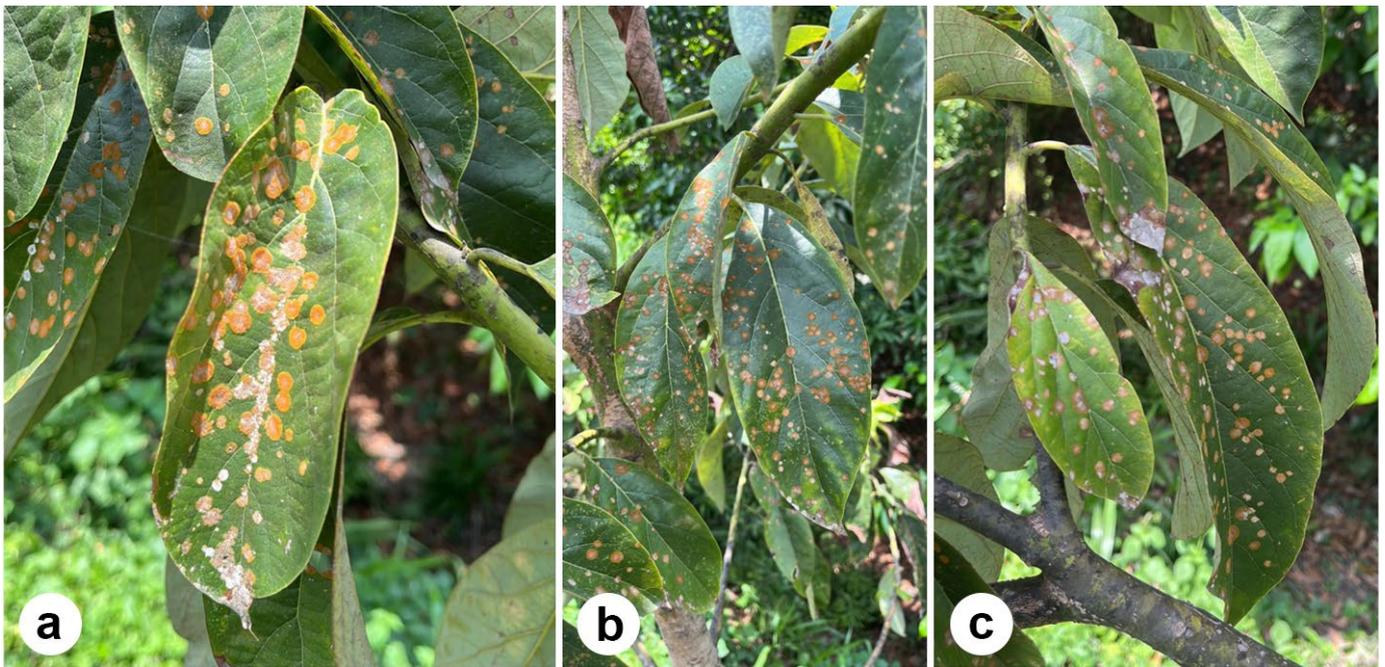


Figure 1. Algal spot disease caused by *Cephaleuros virescens* on avocado leaves

Рисунок 1. Пятнистость, вызванная водорослью *Cephaleuros virescens*, на листьях авокадо

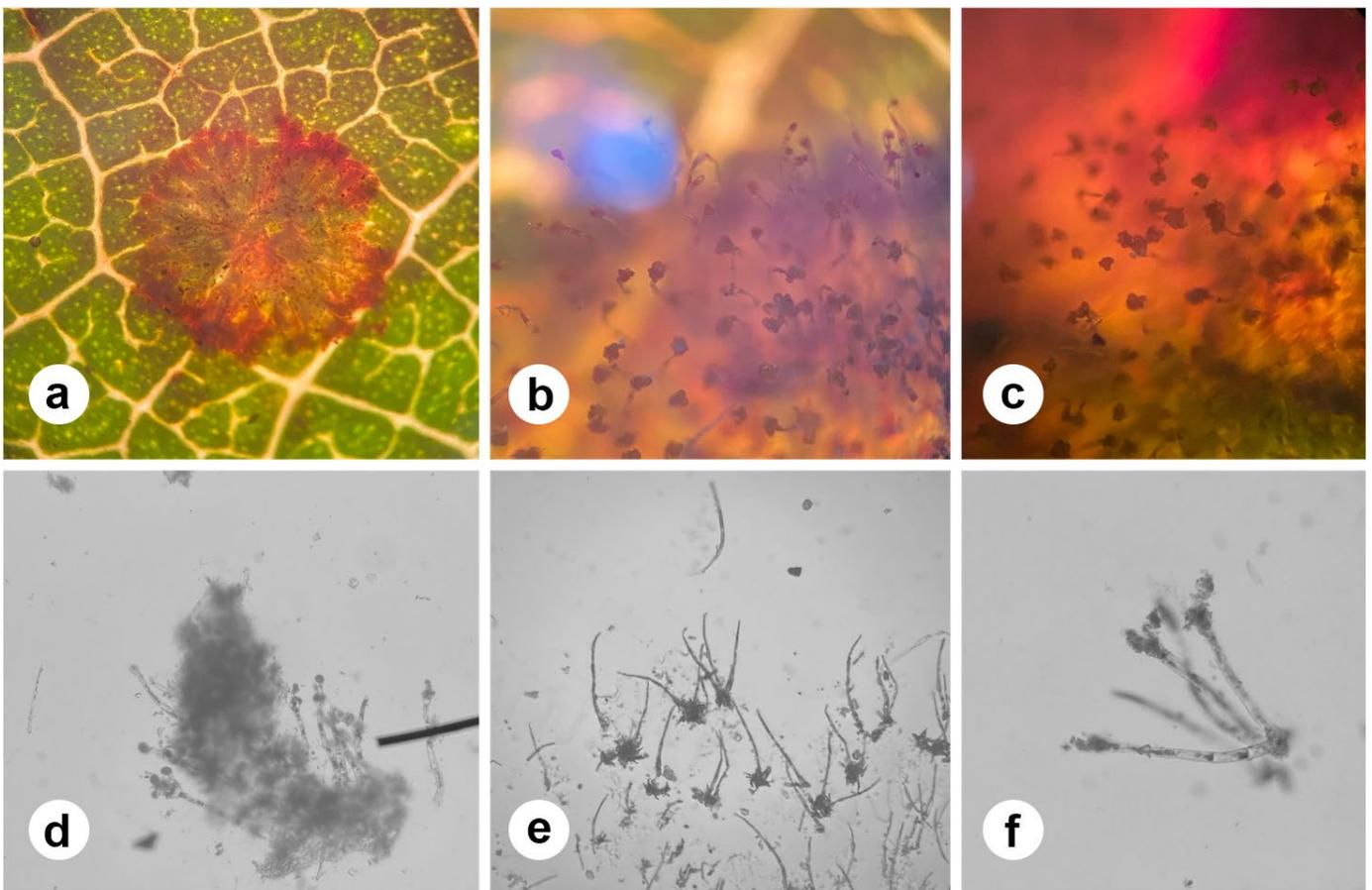


Figure 2. *Cephaleuros virescens* under the light microscope: a, lesion caused by *C. virescens* on the upper leaf; b, c, thallus on the upper leaf with sporangiophores; d, sporangiophores; e, setae; f sporangiophores bearing sporangia

Рисунок 2. *Cephaleuros virescens* в световом микроскопе: а, поражение, вызванное *C. virescens* на верхней стороне листа; б, с, слоевище на верхней стороне листа со спорангиеносцами; д, спорангиеносцы; е, щетинки; ф, спорангиофоры, несущие спорангии

high as 37°C, with 88% relative humidity. The month prior, the temperature was as high as 35°C, with relative humidity reaching 94%. These conditions favored the algal spot development in the area where the avocados were planted.

Algal spot disease have been observed in several trees (e.g., *Chrysophyllum caimito*, *Morus alba*) in several places in the Philippines (Tangonan 1999), but there have been no scientific reports of this pathogen. There is also no record of the deposition of the isolates. This is the first confirmed scientific report of algal spot on avocado leaves. In this study, *C. virescens* was found on avocado plants grown in Guagua,

Pampanga, Philippines. While *Cephaleuros* species are known algal spot pathogens, little is known of its distribution, occurrence, and host range in the Philippines, which justifies the need for future studies. Furthermore, investigating the impact of severe algal spot infection in avocado and other tropical plants can provide a better understanding of the importance of this pathogen in commercial production settings. This could lead to research aimed towards an integrated disease management strategy. Basic knowledge about this pathogen would help prepare information and educational materials for awareness about its biology, pathology, and prevention.

Acknowledgments

This study was supported by the Department of Biology, College of Science, De La Salle University.

References

- Araújo RG, Rodriguez-Jasso RM, Ruiz HA, Pintado MM et al (2018) Avocado by-products: nutritional and functional properties. *Trends Food Sci Technol* 80, 51–60.
- Baliton PS (1990) Survey of algal spot, identification of the causal alga, and studies on host-parasite relationship. BS thesis, UPLB.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (2024) <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> (23.05.2025)
- Malagi G, Santos I, Mazaró SM, Guginski CA (2011) Detection of algal leaf spot (*Cephaleuros virescens* Kunze) in citrus in Paraná State. *Revista Brasileira de Agrociência* 17:148–152
- Nelson SC (2008) *Cephaleuros* species, the plant parasitic green algae. Cooperative Extension Service, University of Hawaii in Manoa. PD–43.
- Pitaloka MK, Petcharat V, Arikrit S, Sunpapao A (2015) *Cephaleuros virescens*, the cause of an algal leaf spot on Para rubber in Thailand. *Australas Plant Dis Notes* 10:1–4
- Вестник защиты растений, 2025, 108(1), с. 50–52
- OECD+WoS: 1.06+QU (Microbiology) <https://doi.org/10.31993/2308-6459-2025-108-1-16822>

Краткое сообщение

ПЕРВАЯ НАХОДКА ПАРАЗИТИЧЕСКОЙ ВОДОРΟΣЛИ *CEPHALEUROS VIRESCENS* КАК ВОЗБУДИТЕЛЯ ПЯТНИСТОСТИ ЛИСТЬЕВ АВОКАДО НА ФИЛИППИНАХ

М.А. Балендрес^{1,2*}, Р.Дж. Лапира^{1,3}

¹Научный колледж, Университет Де Ла Саль, Манила, Филиппины

²Центр естественных наук и исследований окружающей среды, Университет Де Ла Саль, Манила, Филиппины

³Колледж искусств и наук, Университет Сан-Беда, Сан-Мигель, Манила, Филиппины

*ответственный за переписку, e-mail: mark.angelo.balendres@dlsu.edu.ph

Авокадо *Persea americana* — важный тропический фрукт, источник витаминов и минералов, а также жирных кислот и липидов. Это важное плодовое дерево для производителей как источник средств к существованию. В апреле 2024 года на листьях растений авокадо, выращенных в Гуагуа, Пампанга, Филиппины, было обнаружено существенное поражение пятнистостью, вызванной паразитической водорослью. Заболевание характеризовалось круглыми оранжево-коричневыми пятнами. На основании морфологического анализа, возбудитель был идентифицирован как *Cephaleuros virescens*. Это первая подтвержденная находка *C. virescens* на листьях авокадо на Филиппинах.

Ключевые слова: листовой патоген, болезнь листьев, паразитическая водоросль, *Persea americana*

Поступила в редакцию: 12.02.2025

Принята к печати: 23.05.2025

ВОЕННЫЕ И ПОСЛЕВОЕННЫЕ ГОДЫ ВСЕСОЮЗНОГО (НЫНЕ ВСЕРОССИЙСКОГО) ИНСТИТУТА ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

WARTIME AND PAST-WARTIME YEARS OF ALL-SOVIET (NOW ALL-RUSSIAN) INSTITUTE OF PLANT PROTECTION

Постановлением СНК от 25 июня 1929 г. на базе отдела прикладной энтомологии и лаборатории микологии и фитопатологии Государственного института опытной агрономии (ГИОА) в системе Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук (ВАСХНИЛ) был создан Всесоюзный научно-исследовательский институт защиты растений (ВИЗР). Основное направление деятельности института – разработка фундаментальных и прикладных исследований в области защиты растений как основа создания интегрированных систем защиты сельскохозяйственных культур от вредных организмов для обеспечения фитосанитарной безопасности агроэкосистем. Началась Великая Отечественная война, и многие сотрудники ВИЗР ушли на фронт. 8 сентября 1941 г. Ленинград оказался в блокаде. ВИЗР оставался в осажденном Ленинграде до 16 января 1942 г. Распоряжение из ВАСХНИЛ об эвакуации института в г. Котлас Архангельской области было получено 10 января. Ответственным за эвакуацию был назначен зам. директора по научной части П.В. Сазонов. 16 января 1942 года в институте издано распоряжение № 4 об эвакуации 40 сотрудников института в г. Котлас. В г. Ленинграде оставалось 8 человек во главе с проф. С.М. Тупеневичем. В тяжелых условиях блокады сотрудники упаковывали оборудование, книги и «золотой» фонд института – микологический гербарий. Здание института на Исаакиевской площади было освобождено под военный госпиталь, часть оборудования и гербарий были размещены в здании Всесоюзной института растениеводства и на Елагином острове. В подвале Елагинского дворца хранилось большое количество пестицидов, которые в дальнейшем использовали в подсобных хозяйствах Ленинграда.

В июне издается приказ № 37 о мобилизации сотрудников для обеспечения защиты растений в г. Ленинграде. На Исаакиевской площади были основаны огороды, где выращивали капусту, сотрудники оказывали в этом систематическую помощь, а в хозяйствах Приморского и Октябрьского районов города проводили защитные мероприятия по борьбе с вредителями и болезнями овощных культур и картофеля. Были организованы курсы для руководителей хозяйств, агрономов, бригадиров. Проводились консультации для индивидуальных огородников. В феврале 1943 г. в Ленинграде была организована станция защиты растений. В мае 1943 г. Бюро горкома ВКП(б) приняло решение об ответственности директоров подсобных хозяйств и совхозов за своевременное выявление и подавление очагов вредителей и болезней растений. Была утверждена система профилактических мероприятий по защите овощных культур.

Эвакуированные в г. Котлас сотрудники института развернули работы по изучению видового состава

возбудителей болезней и составлению мероприятий по борьбе с ними, но эвакуация в Котлас оказалось временной. Это был исключительно неудачный пункт для выполнения задач, поставленных ВАСХНИЛ, и вскоре институт переехал в Восточный Казахстан в г. Зыряновск. В Зыряновске решалось ответственное Правительственное спецзадание – защита стратегически важной культуры кок-сагыза. Сотрудники института провели большую работу по изучению его вредителей, описали более 30 видов, предложили комплекс защитных мероприятий.

В Зыряновске институт пробыл около года, а затем переехал в г. Павловск Алтайского края. Перед институтом были поставлены следующие задачи.

1. Разработать методы снижения расхода дефицитных инсектофунгицидов и изыскать заменители пестицидов.
2. Изучить состояния вредителей и болезней в освобожденных зонах.
3. Разработать и внедрить эффективные и доступные методы борьбы с вредными организмами.
4. Оказать научно-производственную помощь при внедрении новых агроприемов.
5. Решение вопросов, предлагаемых институту по спецзаданиям.

За время нахождения в Алтайском крае институтом был выполнен большой объем работ, поставленных ВАСХНИЛ, причем в очень сложных условиях. Не было техники, пестицидов и одежды, для пахотных работ приходилось использовать коров. Тем не менее, в этих сложнейших условиях создавалось новое направление в фитопатологии – эпифитотология, проводилась иммунологическая оценка многих сортов пшениц к ржавчине и головне, разрабатывались меры борьбы с вирусными болезнями растений, приманочные методы борьбы с грызунами, были предложены пестициды, созданные на основе побочных продуктов при переработке нефти и отходов Ангорского металлургического завода, создавался метод борьбы с червецом Комстока – опасным вредителем шелковицы.

Часть сотрудников института, занимающихся разработкой биологического метода борьбы с вредителями растений, была эвакуирована в Среднюю Азию. Под руководством известного энтомолога, одного из основателей биологического метода защиты растений в СССР, проф. Н.Ф. Мейера, они приняли активное участие в организации и проведении мероприятий по защите зерновых культур от вредной черепашки. Для этой цели был использован яйцеед теленомус, опыт массового разведения которого был накоплен ранее.

Особенно хочется отметить, что в течение всего военного периода в институте работала аспирантура,

В работе использованы материалы, опубликованные в статье:

Павлюшин В.А., Левитин М.М., Наседкина Г.А., Сазонов А.П. (2015) ВИЗР в годы войны.

Защита и карантин растений 7:7–9

заведующим которой был проф. Б.Ю. Фалькенштейн. В 1943–1944 гг. в аспирантуре института (по архивным данным) обучались более 10 человек. В эти годы были приняты и новые аспиранты, в том числе: Т.М. Мокеева, проводившая исследования по моделированию и прогнозированию динамики численности популяций грызунов, В.И. Потлайчук, которая стала доктором наук и известным ученым по болезням плодовых культур. О.П. Камышко, принятая в аспирантуру в начале 1945 г., стала крупным специалистом по почвенным патогенам. В годы войны в аспирантуре учились И.Д. Шапиро и В.А. Шапиро – в будущем известные специалисты в области иммунитета растений к вредителям и биологической защиты.

По мере освобождения районов, где до войны находились станции института, восстанавливалась их работа. В 1944 г. стали функционировать Воронежская, Ростовская, Краснодарская станции института, Михайловский опорный пункт ВИЗР в Кировоградской области Украины. За годы немецкой оккупации увеличилась засоренность полей, численность вредителей и инфекции, отсутствовали средства борьбы с вредными организмами, уничтожен был парк машин для обработки растений. Тем не менее, географическая сеть института начала функционировать.

На Славянской станции (Краснодарский край) ставится тема: «Мероприятия по борьбе с вредителями и болезнями сельскохозяйственных культур в освобожденной зоне». Воронежская станция в 1944 г. разрабатывает тему: «Составление системы мероприятий по борьбе с вредителями и болезнями сельскохозяйственных растений в освобожденных от немецких захватчиков районах». Составляется прогноз развития вредителей и болезней на 1945 г. и соответствующие агроуказания. Сотрудники станции участвуют в областном агрономическом совещании, в областном совещании передовиков урожайности. Выходит из печати брошюра по просяному комарику и две статьи в газете по борьбе с головней хлебов. Ростовская станция рекомендует для борьбы с листовыми блошками применять упрощенные жуколовки. На отдельных массивах в борьбе с зимующим запасом вредителей предлагает использовать кур.

Михайловский опорный пункт ВИЗР ставит в 1944 г. тему «Разработка и внедрение в производство системы мероприятий по борьбе с вредителями и болезнями сельскохозяйственных культур в освобожденной зоне». Вследствие большой засоренности полей за годы немецкой оккупации значительно возросла численность вредителей. Так, запас свекловичного долгоносика увеличился во много раз по сравнению с довоенным периодом.

Особенно вредоносна была свекловичная блоха. Недостаточная оснащенность химией и техникой выдвигает на первый план борьбы с вредителями использование кур на всех полях севооборота. Научный сотрудник Михайловского опорного пункта В.Н. Менде рекомендует соблюдение севооборота, глубокую зяблевую вспашку, применение калийно-фосфорных удобрений, протравливание семян формалином.

В послевоенный период наступает новый этап развития исследований ВИЗР. Они приобретают концептуальную основу, базирующуюся на системном принципе формирования комплексных мероприятий с учетом реконструкции отечественного растениеводства, усиления

экологичности всех блоков систем, изменений в составе вредной фауны и флоры агробиоценозов в условиях концентрации возделывания ряда ведущих культур (прежде всего зерновых, технических и овощных). В работе все больше начинают учитываться биоценотические аспекты. Усиливаются связи института с научными учреждениями АН СССР – Ботаническим институтом им. В.Л. Комарова, Зоологическим институтом, Главным ботаническим садом, устанавливаются тесные научные контакты с МГУ и ЛГУ.

В период 1946–1964 гг. расширяются исследования по выявлению видового состава и хозяйственного значения патогенов. Описываются новые заболевания, среди которых – милдью и белая ржавчина подсолнечника, церкоспореллез зерновых, афаномицетная корневая гниль зернобобовых и др. Разрабатываются принципы и методы долгосрочного и краткосрочного прогноза болезней, прежде всего ржавчины и мучнистой росы пшеницы, фитофтороза картофеля и др. Одновременно продолжается работа по районированию территории страны на основе проявления вредоносности наиболее опасных возбудителей болезней растений. Институт включается в широкое изучение расового состава ржавчинных грибов и совершенствование мер защиты посевов пшеницы от заболевания; устанавливаются теснейшие связи лаборатории иммунитета к болезням с селекционными учреждениями, изучаются вирусные болезни сельскохозяйственных культур. В конце 40-х – начале 50-х годов на юге страны возникла острейшая проблема, связанная с массовым размножением вредной черепашки. Организуется несколько крупных экспедиций по изучению вредителя и нахождению надежных методов защиты зерновых культур от вредной черепашки. В связи с массовым размножением зерновой совки в течение 1956–1960 гг. в Северный Казахстан направляется комплексная экспедиция ВИЗР. За короткий срок был получен обширный материал, раскрывающий направленность процессов формирования вредной и полезной фауны на вновь осваиваемых землях и разработана система мероприятий по защите посевов пшеницы от зерновой совки. Многие ученые института были награждены медалью «За освоение целинных земель».

В послевоенный период необходимо было придать новый импульс в развитии химического метода защиты растений. Работа в этом направлении строилась в сотрудничестве с ведущими химиками страны. Под руководством П.В. Сазонова создавалась госхимкомиссия, а также разрабатывалось положение о государственном испытании препаратов для защиты растений. Было создано более 40 токсикологических лабораторий во всех почвенно-климатических зонах страны, что позволило научно обосновать ассортимент пестицидов и регулярно его обновлять. ВИЗР в этот период являлся центром защиты растений в стране, осуществляя одновременно научно-методическое руководство всей периферийной сетью токсикологических подразделений. В последующие годы усилиями ученых института и географических токсикологических лабораторий был изучен мировой ассортимент пестицидов, разработаны экологически безопасные технологии и средства их применения.

Институт стал ведущим научным учреждением страны по защите сельскохозяйственных культур от вредных

организмов. В 80-е и 90-е годы прошлого века ассортимент средств защиты растений от вредителей, болезней и сорняков насчитывал более 1300 препаративных форм, а созданные зональные системы интегрированной защиты сельскохозяйственных культур позволяли дополнительно сохранять около 50% урожая.

Сегодня, когда отмечается 80 лет – праздник Победы со дня окончания Великой отечественной войны, для современников трудовой подвиг визровцев вселяет надежду в преодолении трудностей на современном историческом этапе.

Надо отдать дань уважения и признательности ученым ВИЗР за их нелегкий труд в военные и послевоенные годы. Вечная память ученым ВИЗР погибшим во время войны.

Деятельность ВИЗР на современном этапе (20-е годы XXI века), как головного института, сфокусировано на таких направлениях как биологическая безопасность посевов и достижение экологической безопасности в агроэкосистемах страны, а также гарантированная защита урожая и его качества.

Безусловно, это акцентируется и реализуется в рамках концепции фитосанитарной оптимизации агроэкосистем, поскольку решение проблем по биологической безопасности сельскохозяйственных угодий страны зависит от снижения фитосанитарных рисков. На повестке дня необходимость усовершенствования и полномасштабного применения зональных систем интегрированной защиты сельскохозяйственных культур от вредителей, болезней и сорняков, базирующихся на использовании генетически устойчивых сортов, повышения удельного веса биопрепаратов в системе защиты, эффективного мониторинга за вредоносным составом и биоценотической регуляции.

Высока угроза посевам и посадкам сельскохозяйственных культур от особо опасных вредоносных видов,

численность которых достигает 40. Прежде всего это фитофтороз картофеля, бурая стеблевая и желтая ржавчина зерновых культур, корневые гнили, клоп вредная черепашка, саранчовые и другие виды. Требуется уточнить уровень потерь урожая с учетом сортов, зон возделывания и др. Необходима гарантированная защита урожая и его качества, в том числе от фузариевых грибов - продуцентов микотоксинов.

В целях усиления процессов биологизации в фитосанитарных мероприятиях весьма актуально создание новых защитных биопрепаратов.

В настоящее время в отечественном списке пестицидов и агрохимикатов таких биопрепаратов всего 57, а требуется более 200, прежде всего для эффективного контроля саранчовых, оранжерейной белокрылки, клопа вредной черепашки и др.

На Белгородском полевом исследовательском стационаре «ВИЗР – ООО «Агробιοтехнология» получены обширные материалы, указывающие на значительные сокращения (до 50-60 %) химических средств защиты ряда сельскохозяйственных культур (пшеница, картофель, овощные) в системах интегрированной защиты от болезней и вредителей с сохранением гарантированного защитного эффекта.

Модернизированные зональные системы защиты будут малозатратными благодаря использованию биоценотической регуляции (биопрепараты, повышение супрессивности почв, комплексная устойчивость сортов и малотоксичные д.в.), с учетом фитосанитарного проектирования агроэкосистем, полномасштабного применения СЗР. Все это будет способствовать снижению техногенного загрязнения, гарантированной прибавке урожая и снижению потерь в случае биологической опасности сельскохозяйственных угодий.

В.А. Павлюшин

«ВЕСТНИК ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ» В БАЗЕ ДАННЫХ SCOPUS

25.04.2025 г. издаваемый ВИЗР журнал «Вестник защиты растений» (ISSN 1727-1320, eISSN 2308-6459) по результатам экспертизы (<https://suggestor.step.scopus.com/progressTracker/?trackingID=5C5B4AF14A3C08D4>) включен в единую библиографическую и реферативную базу данных рецензируемой научной литературы Scopus (www.scopus.com).

База данных Scopus создана в 2004 году академическим издательством Elsevier; индексация в этой базе используется как показатель высокого качества научных изданий и значимости публикуемых материалов на мировом уровне.

Редакция журнала «Вестник защиты растений» приглашает к сотрудничеству авторов для публикации полнотекстовых обзоров и экспериментальных статей, мини-обзоров и кратких сообщений. Подача рукописей осуществляется на сайте журнала (<https://plantprotect.ru>).

**Scopus**[®]**«PLANT PROTECTION NEWS» IN SCOPUS DATABASE**

On April 25, 2025, the journal «Plant Protection News» (ISSN 1727-1320, eISSN 2308-6459) issued by All-Russian Institute of Plant Protection was included in the unified bibliographic and abstract database of peer-reviewed scientific literature Scopus (www.scopus.com), based on the results of the expertise (<https://suggestor.step.scopus.com/progressTracker/?trackingID=5C5B4AF14A3C08D4>).

The Scopus database was founded in 2004 by the academic publishing house Elsevier; indexing in this database is used as an indicator of the high quality of scientific publications and the significance of published materials at the global level.

The Editorial Office of the journal «Plant Protection News» invites authors for collaboration to publish full-text reviews and experimental articles, mini-reviews and short communications. Submission of manuscripts is performed via the journal's website (<https://plantprotect.ru>).

Научное издание

Индекс ПМ790

Подписано к печати 5 июня 2025 г.

Формат 60x84/8. Объем 7 п.л. Тираж 200 экз.

Заказ

Индекс ПМ790