

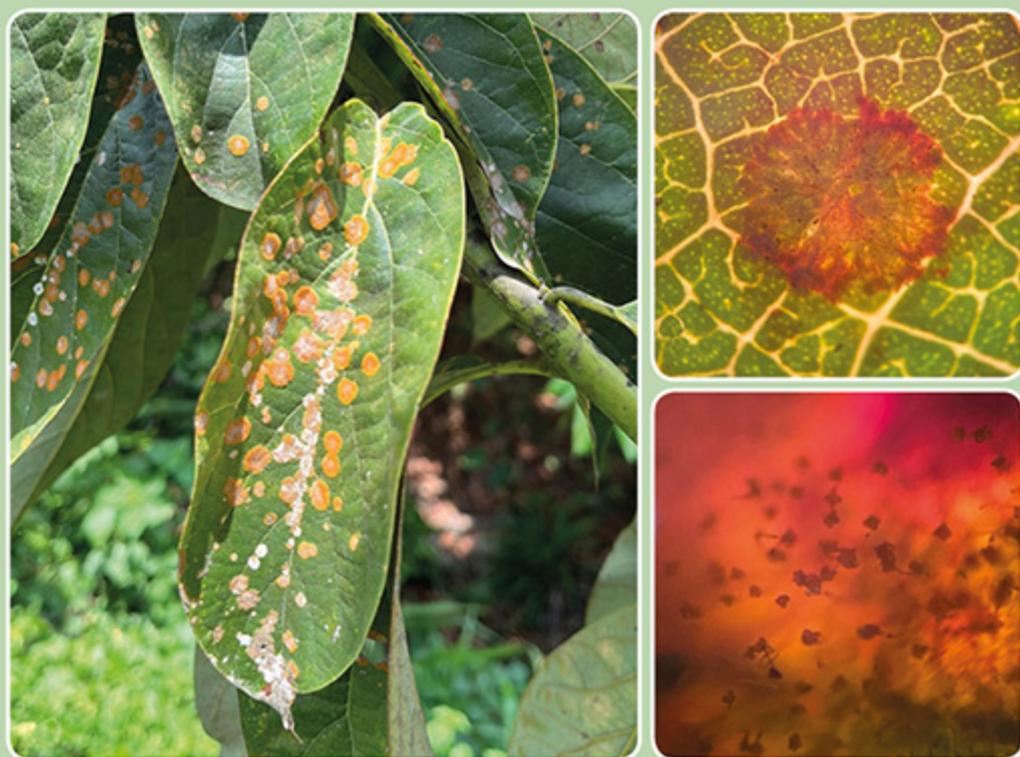


ISSN 1727-1320 (Print),
ISSN 2308-6459 (Online)

ВЕСТНИК ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

PLANT PROTECTION NEWS

2025 ТОМ 108 ВЫПУСК 1
 VOLUME ISSUE



Санкт-Петербург
St. Petersburg, Russia

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 флага листа (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 эпифитотиями 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 болезнестойчивости 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 болезнестойчивости 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 болезнестойчивости 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® cg1600 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 – среднemocный 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, среднезасухоустойчив, умеренно восприимчив к бурой ржавчине и септориозу, сильновосприимчив к пыльной головне {Тюменская 80 х [(Целинная 20 х АНК-102) х АНК-102]} х 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		
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		
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) Агротехническая 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) Oligogalaturonic 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