

ВЛИЯНИЕ НОВЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ НА ОСНОВЕ НОВОХИЗОЛЯ НА СОСТОЯНИЕ ПОСЕВОВ МЯГКОЙ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

Е. А. Орлова¹, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории генофонда растений, Orlova.lena10@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0001-5084-375X;

Н. П. Бехтольд¹, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник лаборатории генофонда растений, telichkinanina@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-7281-9280;

А. Б. Щербань², доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией инновационных средств защиты растений, atos@bionet.nsc.ru, ORCID ID: 0000-0003-1000-8228;

В. В. Фоменко³, кандидат химических наук, научный сотрудник лаборатории физиологически активных веществ, chemistnsk@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0003-1827-3309

¹Сибирский научно-исследовательский институт растениеводства и селекции – филиал ИЦиГ СО РАН,

630501, НСО, г. Новосибирск, р.п. Краснообск, С-200, зд. 5, а/я 375;

²Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук» (ИЦиГ СО РАН), 630090, Новосибирск, пр-т Академика Лаврентьева, д. 10;

³Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Новосибирский институт органической химии имени Н. Н. Ворожцова Сибирского отделения Российской академии наук» (НIOХ СО РАН), 630090, г. Новосибирск, пр-т Академика Лаврентьева, д. 9

Цель работы – выявить эффективность новых биологических комплексных препаратов, созданных на основе новохизоля (НВХЗ) с добавлением хитозана и экстракта коры сосны сибирской (ЭКСС), в защите яровой мягкой пшеницы от корневых гнилей и облигатных патогенов (мучнистая роса, бурая ржавчина) в условиях лесостепи Приобья, а также установить их влияние на элементы урожая. Опыты закладывали на поле СибНИИРС – филиал ИЦиГ СО РАН (Новосибирск) в 2023–2024 гг. на сорте яровой пшеницы Новосибирская 29. Способ применения препаратов – предпосевная обработка семян и обработка вегетирующих растений. Отмечена эффективность НВХЗ+ЭКСС в отношении обыкновенной корневой гнили. Развитие заболевания на корнях в среднем за два года снизилось с 21,5 до 3,95 %, биологическая эффективность препарата составила 81,7 %. Установлено, что применение биологических препаратов по вегетирующим растениям сильнее снижало поражение растений облигатными патогенами, чем предпосевное протравливание семян. Обработка семян препаратами способствовала увеличению высоты растений на 8,7 % в варианте НВХЗ + хитозан и на 6,8 % в варианте НВХЗ+ЭКСС, длины корней – на 36,3 (НВХЗ+ хитозан), на 22% (НВХЗ+ЭКСС) и биомассы растений на 17,6 %. Выявлено положительное влияние композиций Новохизоля на формирование продуктивных стеблей, длины главного колоса, количество зерновок в главном колосе, зерен с растения. Установлено и статистически доказано положительное влияние испытываемых препаратов на урожайность. В среднем за годы исследований продуктивность растений в вариантах с биологическими препаратами превысила контрольные значения в 1,2 раза.

Ключевые слова биопрепараты, хитозан, новохизоль, корневая гниль, яровая пшеница, урожайность.

Для цитирования: Орлова Е.А., Бехтольд Н. П., Щербань А. Б., Фоменко В. В. Влияние новых биологических препаратов на основе новохизоля на состояние посевов мягкой яровой пшеницы // Зерновое хозяйство России. 2025. Т. 17, № 2. С. 86–93. DOI: 10.31367/2079-8725-2025-97-2-86-93.



THE EFFECT OF NEW BIOLOGICAL PRODUCTS BASED ON NOVOCHIZOL ON THE CONDITION OF SPRING COMMON WHEAT CROPS

E. A. Orlova¹, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for plant gene pool, Orlova.lena10@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0001-5084-375X;

N. P. Bekhtold¹, Candidate of Agricultural Sciences, researcher of the laboratory for plant gene pool, telichkinanina@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-7281-9280;

A. B. Shcherban², Doctor of Biological Sciences, leading researcher, head of the laboratory for innovative plant protection methods, atos@bionet.nsc.ru, ORCID ID: 0000-0003-1000-8228;

V. V. Fomenko³, Candidate of Chemical Sciences, researcher of the physiologically active substances, chemistnsk@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0003-1827-3309

¹Siberian Research Institute of Plant Cultivation and Breeding, the branch of Institute of Cytology and Genetics, Siberian Branch of RAS, 630501, Russia, Novosibirsk region, v. of Krasnoobsk, S-200 Str., building 5, PO Box 375; e-mail: sibniirs@bk.ru;

²Federal Research Center "Institute of Cytology and Genetics",
Siberian branch of the Russian Academy of Sciences
(FRC "Institute of Cytology and Genetics", Siberian branch of RAS
630090, Russia, Novosibirsk, Prospekt Lavrentyeva, 10;

³FSBSI "N.N. Vorozhtsov Novosibirsk Institute of Organic Chemistry", Siberian branch of RAS
630090, Russia, Novosibirsk, Prospekt Lavrentyeva, 9

The purpose of the current work was to identify the efficiency of new biological complex products prepared on the basis of Novokhizol (NVKhZ) with chitosan and Siberian pine bark extract (SPBE) in protecting spring common wheat from root rot and obligate pathogens (powdery mildew, brown rust) in the forest-steppe of the Ob region, and also to establish their effect on yield elements. The trials were carried out with the spring wheat variety 'Novosibirskaya 29' in the field of SibNIISR – branch of the ICG SB of RAS (Novosibirsk) in 2023–2024. The method of application of the products was pre-sowing seed treatment and treatment of vegetative plants. There has been established an efficiency of NVKhZ + SPBE against common root rot. The development of the disease on the roots on average over two years decreased from 21.5 to 3.95 %, the biological efficiency of the product was 81.7 %. There has been found that the use of biological products on vegetative plants reduced the damage of plants by obligate pathogens more than pre-sowing seed treatment. Seed treatment with products contributed to an increase in plant height by 8.7 % with NVKhZ + Chitosan and by 6.8 % with NVKhZ + SPBE, root length by 36.3 % with NVKhZ + Chitosan, by 22 % with NVKhZ + SPBE and plant biomass by 17.6 %. There has been found a positive effect of Novokhizol compositions on the formation of productive stems, a length of the main spike, a number of kernels per main spike, and kernels per plant. There has been established and statistically proved a positive effect of the tested products on crop yields. On average, over the years of study, plant productivity in variants with biological products has exceeded control values by 1.2 times.

Keywords: bioproducts, chitosan, novokhizol, root rot, spring wheat, productivity.

Введение. Яровая мягкая пшеница (*Triticum aestivum* L.) – одна из основных продовольственных зерновых культур АПК России. Традиционно ее возделывание основывается на широком применении минеральных удобрений и химических средств защиты растений. Использование пестицидов обеспечивает оперативное ограничение численности вредных организмов, но вместе с тем приводит к нарушению экологического равновесия в агроценозах. В последние годы для возделывания сельскохозяйственных культур разрабатываются экологически безопасные ресурсосберегающие технологии, основанные на принципе усиления врожденных механизмов защиты растений от вредных организмов под влиянием биопрепаратов. Во всем мире в настоящее время в биологизированных системах защиты растений успешно ведутся исследования по применению препаратов – индукторов болезнеустойчивости на основе хитозана. Так, в работах Francesconi S. et al. (2020) отмечено, что хитозан и наночастицы хитозана снижают рост и распространение гриба *Fusarium graminearum* и его микотоксинов. Mohsen M. E. et al. (2022) установили влияние наночастиц хитозана и салициловой кислоты (СК) на снижение прорастания урединоспор *Puccinia triticina*, а также на увеличение активности ферментов пероксидазы и каталазы, что приводило к снижению поражения растений пшеницы бурой ржавчиной.

Комплексы хитозанов, включающие янтарную, глутаминовую, салициловую кислоту, существенно снижали поражение пшеницы бурой ржавчиной, септориозно-пиренофорозной пятнистостью, мучнистой росой (Колесников и др., 2022). Сотрудниками ВНИИЗР установлено, что хитозан, содержащий ионно-связанную салициловую кислоту, повышает устойчивость пшеницы к биотрофу *Puccinia recondita* и гембиотрофу *Cohliobolus sativus*, тогда как Хит-Ванилин эффективно индуцирует устойчивость

только к гембиотрофу *C. sativus* (Попова и др., 2021).

Несмотря на значительное число положительных эффектов хитозана в отношении контроля заболеваний растений, в настоящее время его применение в чистом виде ограничено из-за недостаточной эффективности, повышение которой достигается за счет его химической модификации, влияющей на физические свойства препарата (Щербань, 2023). Новохизол – производное хитозана, имеет ряд преимуществ: повышенную химическую стабильность, растворимость и адгезию, низкую степень биodeградации (www.novochizol.ch). В отличие от хитозана, который является линейным полимером, новохизол имеет шаровидную, почти сферическую форму благодаря внутримолекулярному сшиванию. Такая молекулярная структура позволяет новохизолу удерживать различные активные вещества и медленно высвобождать их, что обеспечивает значительное уменьшение концентраций последних (Терпыакова et al., 2022). Однако работ по изучению влияния новохизола и его комплексов с биологически активными веществами (БАВ) на фитосанитарное состояние посевов яровой пшеницы недостаточно. Учитывая это, нами были проведены исследования, цель которых заключалась в выявлении эффективности новых биологических препаратов, созданных на основе новохизола, в защите яровой мягкой пшеницы от корневых гнилей и облигатных патогенов (мучнистая роса, бурая ржавчина) в условиях лесостепи Приобья и установлении их влияния на элементы структуры урожая.

Материалы и методы исследований. Научные исследования были проведены в 2023–2024 гг. в полевых условиях СибНИИРС – филиала Института цитологии и генетики СО РАН (Новосибирск). Полевые эксперименты закладывали на изолированном фитопатологическом участке. Почвы участ-

ка представлены черноземом выщелоченным среднемогучным малогумусным среднесуглинистым. Содержание гумуса составляет 4,2 %, валового фосфора – 0,30 %, общего азота – 0,34 %, подвижного фосфора и калия (по Чирикову) – соответственно 29 и 13 мг/100г почвы, климатические условия типичные для лесостепной зоны Западной Сибири. Опыты размещали по паровому предшественнику. Для оценки эффективности изучаемых препаратов использовали восприимчивый к болезням сорт яровой пшеницы сибирской селекции Новосибирская 29. Посев проводили в оптимальные для культуры сроки (в 2023 г. – 16 мая, в 2024 г. – 18 мая) селекционной сеялкой ССФК-7, норма высева – 6 млн семян/га. Обработка почвы: ранневесеннее боронование, предпосевная культивация, внесение азотных удобрений (аммофос в дозе 100 кг/га), прикатывание до и после посева. Площадь опытных делянок 2,2 м², расположение последовательное, повторность 3-кратная.

Схема полевых опытов предусматривала следующие варианты.

1. Предпосевное протравливание семян – контроль (без обработки); химический протравитель семян трехкомпонентный инсектофунгицид Селес Топ КС, норма расхода препарата – 1,2 л/т; новохиноль 1 % + хитозан 1 %; новохиноль 2,0 % + экстракт коры сосны сибирской 0,7 %. Препараты перед применением разводили в 16 раз водой, норма расхода препаратов – 10 л/т.

2. Опрыскивание вегетирующих растений – контроль (вода); химический фунгицид Абакус Ультра, СЭ, норма расхода рабочей жидкости – 300 л/га; новохиноль 1 % + хитозан 1 %; новохиноль 2,0 % + экстракт коры сосны сибирской 0,7 %, разведение 1:16, норма расхода рабочей жидкости при опрыскивании растений – 150 мл/м².

Получение экстракта коры сосны сибирской (ЭККС) (*Pinus sibirica* R. Mayr.) проводили экстракцией коры этиловым спиртом с последующей отмывкой от липидов метил-трет-бутиловым эфиром (МТБЭ). 1000 г воздушно-сухой измельченной коры *P. sibirica* экстрагировали 95%-м этанолом в аппарате Сокслета в течение 15 ч. Спиртовой экстракт отфильтровывали и упаривали. Получили около 263 г смолоподобного экстракта, затвердевающего при охлаждении в холодильнике. Экстракт дробили на частицы 1–10 мм и обрабатывали 1 л МТБЭ перемешиванием при комнатной температуре в течение 5 ч на магнитной мешалке. Экстракт сливали и отбрасывали, а с твердым остатком процедуру повторяли 2 раза. Остаток, после высушивания от следов МТБЭ, массой 68 г представляет порошок кремового цвета, содержащий по данным ВЭЖХ (высокоэффектив-

ная жидкостная хроматография) резвератрол (7 %), резвератролозид (27 %), пиностильбен (10 %), пиностильбенозид (34 %) и минорные примеси (в сумме 22 %). Из полученного экстракта готовили насыщенный раствор в этаноле, который использовали для приготовления препаратов.

Для приготовления комплексных препаратов новохиноля использовали хитозан производства ChitoClear® cg1600 Product Code 42040 (Исландия), выделенный из экзоскелета креветки *Pandalus borealis*, и новохиноль (предоставлен компанией NOVOCHIZOL SA, Monthey, Switzerland (www.novochizol.ch). Водную суспензию новохиноля получали растворением янтарной кислоты (500 мг на 100 мл стерильной воды), постепенным добавлением новохиноля (1000 мг на 100 мл раствора янтарной кислоты) под ультразвуковым воздействием в течение одного часа, используя ультразвуковой аппарат модели UZTA-0,4/22-OM (U-sonic, www.u-sonic.com) на максимальной мощности. С целью компенсации потерь на испарение в процессе ультразвуковой обработки довели раствор до начального объема дистиллированной водой, в результате чего получали 2 %-й раствор новохиноля.

Препарат с добавлением хитозана получали путем введения препарата новохиноль с ЭККС при ультразвуковой обработке в раствор хитозана с последующим доведением объема препарата до требуемого дистиллированной водой. Разбавление всех испытуемых препаратов производили непосредственно перед проведением экспериментов.

Обработку вегетирующих растений испытуемыми препаратами проводили вручную аккумуляторным опрыскивателем USB Garden Sprayer GS811 до появления на растениях мелкодисперсионных капель в фазы кушения и кошения. Спустя 24 ч после обработки проводили инокуляцию растений суспензией спор мучнистой росы и бурой ржавчины, которую готовили путем смыва спор с пораженных листьев растений. Заражение проводили в ранние утренние часы, пока температура воздуха не превышала 20 °С. Для оценки интенсивности поражения растений бурой ржавчиной использовали шкалу Петерсона (1948); оценку поражения мучнистой росой выполняли согласно методическим рекомендациям под редакцией Е. Е. Радченко (2008).

В качестве показателя, характеризующего влияние хитозановых комплексов на специфическую устойчивость растений, использовали критерий скорости нарастания развития болезни (площадь под кривой развития болезни (ПКРБ)), выраженную в условных единицах. ПКРБ рассчитывали по формуле:

$$S = 0,5x(X_1 + X_2)(t_2 - t_1) + \dots 0,5x(X_{n-1} + X_n)(t_n - t_{n-1}),$$

где S – площадь под кривой развития болезни; X₁ – развитие болезни на момент первого учета; X₂ – развитие болезни на момент второго учета; X_n – развитие болезни на момент по-

следнего учета; t₂–t₁ – количество дней между последним и предпоследним учетом; n – количество учетов.

Учеты на поражение растений листостеблевыми болезнями проводили в динамике, первый – через десять дней после инокуляции, два последующих – с интервалом в 7–10 дней. Степень поражения растений корневыми гнилями определяли в фазы кущения и колошения согласно принятым методикам. Одновременно проводили измерение таких показателей, как количество и длина зародышевых корней, длина проростка, высота растений, продуктивная кустистость, площадь флагового листа. При определении структуры урожая учитывали количество продуктивных стеблей на м², длину главного колоса, число колосков в колосе, массу зерна с растения, массу 1000 зерен. Учет продуктивности пшеницы проводили путем обмола колосьев комбайном Сампо-130, урожай приводили к 100 %-й чистоте и 14 %-й влажности. Для обработки статистических данных использовали пакет программ SNEDEKOR.

Метеоусловия в период проводимых исследований существенно различались по годам. Вегетационный период 2023 г. характеризовался как недостаточно увлажненный (ГТК = 0,98), с повышенной теплообеспеченностью. В мае наблюдалась очень сильная засуха (ГТК = 0,08), за весь месяц на фитопатологическом участке прошел один дождь – 19 мая, выпало 4 мм осадков. Всего за сезон (с мая по август) выпавшее количество осадков составило 204 мм, из них 173,8 мм пришлось на третью декаду июля и 2–3-ю декады августа. Средние температуры воздуха по месяцам составили 11,8; 19,0; 21,6 и 17,8 °С. Характерной особенностью вегетационного периода 2024 г. было избыточное увлажнение (ГТК = 1,91) и высокие температу-

ры воздуха. Сумма осадков за сезон составила 396 мм, что выше среднемноголетних в 1,7 раза, в мае выпало 69,8 мм, в июне – 113 мм, июле – 80,5 мм и в августе – 132,7 мм. Среднесуточная температура воздуха в мае была 11,9; июне – 17,6; июле – 19,5 и в августе – 16,9 °С.

Результаты и их обсуждение. Многочисленными исследованиями установлено, что с помощью биологически активных веществ (БАВ) можно активизировать генетический потенциал защитных реакций растений, поэтому для повышения эффективности препаратов новохизоля в их состав были включены такие БАВ, как хитозан и экстракт коры сосны сибирской. Известно, что хитозан индуцирует защитные реакции растений против патогенных микроорганизмов (Новикова и др., 2023, Mawale and Giridhar, 2023). Полифенольные соединения, содержащиеся в экстракте коры сосны сибирской, также обладают широким антимикробным действием (Теребова и др., 2024).

Проведенные исследования испытуемых препаратов показали их эффективность против комплекса грибных патогенов, вызывающих корневые гнили. Анализ полученных данных в фазу кущения показал, что препараты новохизоля по эффективности не уступают химическому эталону Селес Топ КС. Максимальную эффективность в отношении обыкновенной корневой гнили показал биопрепарат в композиции с экстрактом коры сосны сибирской, снизив развитие заболевания на корнях в среднем за два года с 21,5 до 3,95 %, биологическая эффективность препарата составила 81,7, химического эталона Селес Топ – 72,3 % (табл. 1).

Таблица 1. Влияние предпосевной обработки семян яровой пшеницы композициями новохизоля на развитие и распространенность обыкновенной корневой гнили
Table 1. The effect of pre-sowing treatment of spring wheat seeds with Novokhizol compositions on the development and spread of common root rot

Вариант	Развитие болезни, %			Распространенность болезни (2023–2024 гг.)	Биологическая эффективность
	2023 г.	2024 г.	среднее 2023–2024 гг.		
фаза кущения					
Контроль	24,9	18,1	21,5	93,5	–
Селес Топ КС	5,4	6,5	5,95	78,9	72,3
НВХЗ+хитозан	8,0	6,0	6,8	74,5	68,4
НВХЗ+ЭКСС	4,9	3,1	3,95	72,0	81,7
НСР ₀₅	4,3976	4,2270	–	–	–
фаза колошения					
Контроль	22,1	31,6	26,9	100	–
Селес Топ КС	7,5	15,8	11,7	100	56,5
НВХЗ+хитозан	14,1	19,2	16,7	100	37,9
НВХЗ+ЭКСС	11,7	15,2	13,5	100	49,8
НСР ₀₅	6,829	6,8047	–	–	–

В фазу колошения фунгицидное действие биопрепаратов уменьшилось, оздоровительный эффект был выше при использовании химического контроля Селес Топ КС. Развитие заболевания в вариантах с биологическими препаратами НВХЗ+хитозан и НВХЗ+ЭКСС было

ниже относительно контроля в 1,6–2,0 раза соответственно. Биологическая эффективность в варианте с ЭКСС была выше, чем у новохизоля с добавлением хитозана, и составила в среднем за два года 49,8 % (табл. 1).

Положительное влияние препаратов на фитосанитарное состояние посевов яровой пшеницы в отношении облигатных патогенов отмечали только в первый учет через 10 дней после искусственной инокуляции растений. В дальнейшем, начиная со второго учета, во всех вариантах с биологическими препаратами отмечали постепенное нарастание болезни. Несмотря на то что листья растений к третьему учету были поражены возбудителями мучнистой росы и бурой ржавчины, оценка интенсивности поражения растений, проведенная в динамике, позволила выявить различия между развитием болезней в вариантах с биопрепаратами и контрольными растениями (табл. 2). Для понимания неспецифического действия препаратов на возбудителей болезни применяли показатель площади под кривой развития болезни (ПКРБ). Как видно из таблицы 2, био-

логические препараты независимо от способа их применения снижали ПКРБ по мучнистой росе и бурой ржавчине. Двухфакторный дисперсионный анализ показал, что на улучшение фитосанитарного состояния посевов против листостеблевых облигатных патогенов максимальное влияние оказал прием опрыскивания вегетирующих растений. Так, в опыте с предпосевной обработкой семян ПКРБ по мучнистой росе в вариантах с биологическими препаратами составила 27,5 (НВХЗ+хитозан) и 22,5 у.е. (НВХЗ+ЭКСС), при опрыскивании растений – 16,7–19,2 у.е. соответственно. Такую же реакцию отмечали и по влиянию препаратов на бурую ржавчину, ПКРБ в первом опыте составила в вариантах НВХЗ+хитозан и НВХЗ+ЭКСС – 51,7–51,3 у.е., в опыте 2 – 46,2–44,7 у.е., в контроле – 70,8 (опыт 1) – 72,7 у.е. (опыт 2) (табл. 2).

Таблица 2. Влияние биопродуктов на интенсивность нарастания и степень поражения мучнистой росой и бурой ржавчиной в посевах яровой пшеницы Новосибирская 29
Table 2. The effect of bioproducts on growth intensity and damage degree by powdery mildew and brown rust in the spring wheat 'Novosibirskaya 29'

Вариант	Площадь под кривой развития болезни, ПКРБ, у.е.		Интенсивность развития болезни ИРБ, % (последний учет)	
	мучнистая роса	бурая ржавчина	мучнистая роса*	бурая ржавчина**
предпосевная обработка семян				
Контроль	31	27,4	68,3	70,8
Селес Топ КС	28,5	12,0	50,7	43,8
НВХЗ + хитозан	27,5	17,7	51,3	51,7
НВХЗ + ЭКСС	22,5	17,1	48,3	51,3
опрыскивание посевов композициями новохизоля				
Контроль	29,0	26,1	67	72,7
Абакус У	5,0	0	18,3	0
НВХЗ + хитозан	16,7	13,3	28,3	46,2
НВХЗ + ЭКСС	19,2	13,1	31,7	44,7

Примечание. * – HCP_{05} по фактору А (способ обработки) – 4,124; по фактору В (варианты) – 5,832; частные средние – 8,248. ** – HCP_{05} по фактору А (способ обработки) – 2,222; по фактору В (варианты) – 3,143; частные средние – 4,445.

На основании измерений, проведенных в фазы кущения и колошения, установлено стимулирующее действие препаратов на ростовые показатели пшеницы. Обработка семян композициями новохизоля оказала положительное влияние: на высоту растений на 8,7 % в вариан-

те НВХЗ+хитозан и на 6,8 % в варианте НВХЗ+ЭКСС; на длину корней на 36,3 (НВХЗ+хитозан), на 22 % (НВХЗ+ЭКСС); на биомассу растений на 17,6 %. Химический эталон Селес Топ увеличивал эти показатели на 8,9; 17,1 и 15,3 % соответственно (см. табл. 3).

Таблица 3. Влияние предпосевной обработки семян испытуемыми препаратами на ростовые показатели растений в фазу кущения (среднее за 2023–2024 гг.)
Table 3. The effect of pre-sowing treatment of seeds with test preparations on plant growth during the tillering phase (average for 2023–2024)

Вариант	Высота растений, мм	Длина корней, мм	Воздушно-сухая биомасса растений, г/100 раст.
Контроль	209,5	67,2	8,5
Селес Топ КС	228,1	78,7	9,8
НВХЗ + хитозан	227,8	91,6	10
НВХЗ + ЭКСС	223,8	82,0	10,1
HCP_{05}	12,335	7,0852	0,5945

Положительное влияние препаратов на морфометрические показатели растений подтвердилось и в фазу колошения (табл. 4).

В это же время отмечали различия по эффективности действия препаратов на пшеницу в зависимости от способа их применения.

Достоверное влияние на продуктивную ку-
стистость и биомассу растений оказал прием
опрыскивания растений. Увеличение высоты

растений и площади флагового листа не завис-
ло от способа применения композиций ново-
хизоля (табл. 4).

**Таблица 4. Влияние испытуемых препаратов на ростовые показатели растений
в фазу колошения (среднее за 2023–2024 гг.)**

**Table 4. The effect of tested products on the plant growth indicators
in a heading stage (mean in 2023–2024)**

Вариант	Высота главного стебля, см	Площадь флаг-листа, см ²	Продуктивная кустистость	Воздушно-сухая биомасса растений, г/100 раст.
предпосевная обработка семян				
Контроль	90,5	25,3	1,4	74,1
Селес Топ КС	102,1	34,6	2,1	106,0
НВХЗ + хитозан	100,7	34,7	2,1	99,9
НВХЗ + ЭКСС	101,2	33,6	1,8	96,5
опрыскивание вегетирующих растений				
Контроль	91,0	27,8	1,7	75,7
Абакус У	103,3	33,3	2,5	119,5
НВХЗ + хитозан	98,7	32,2	2,1	100,1
НВХЗ + ЭКСС	100,7	33,4	2,1	97,8
НСР ₀₅ фактор А (способ обработки)	1,884	1,242	0,200	3,054
фактор В (варианты)	2,664	1,757	0,283	4,319
Частные средние	3,768	2,485	0,400	6,108

Анализ элементов структуры урожая позво-
лил установить положительное влияние био-
препаратов на формирование продуктивных
стеблей в сравнении с контролем и химически-
ми препаратами Селес Топ и Абакус. Было отме-
чено, что максимально этот признак проявился
в композиции с хитозаном при опрыскивании
растений (в среднем за 2 года 437,6 шт./м²,
в 2023 г. – 448,6 шт./м²) и с ЭКСС при протравли-
вании семян (в среднем 416,0 шт./м², в 2023 г. –
437,5 шт./м²) (табл. 5). Также испытуемые пре-
параты увеличивали длину главного колоса
в среднем в 1,1 раза в сравнении с контролем.
Известно, что число колосков в колосе ока-
зывает положительное влияние на потенци-
альную продуктивность сорта при условии,
что озерненность колоса будет максимальной.
Экспериментальные препараты увеличивали

количество зерновок в главном колосе и вы-
ход зерна с растения на уровне химических эта-
лонов Селес Топ КС и Абакус У. Положительное
влияние на массу 1000 зерен отмечали в недо-
статочно увлажненном 2023 г. – крупность зерна
в вариантах с использованием препаратов пре-
вышала контрольные значения на 5 %. Во влаж-
ном 2024 г. масса 1000 зерен во всех вариантах
опытов была на уровне контроля. Установлено
и статистически доказано положительное влия-
ние испытуемых препаратов на урожайность.
В среднем за годы исследований продуктив-
ность растений в вариантах с биологическими
препаратами превысила контрольные значе-
ния в 1,2 раза. Наиболее выраженным влияни-
ем в 2024 г. обладал НВХЗ + ЭКСС, прибавка уро-
жая при использовании его в качестве защиты
семян в этот год составила 0,9 т/га.

**Таблица 5. Влияние испытуемых препаратов на ростовые и продуктивные показатели
растений яровой пшеницы Новосибирская 29 (среднее за 2023–2024 гг.)**

**Table 5. The effect of the tested products on the growth and productivity indicators
of the spring wheat 'Novosibirskaya 29' (mean in 2023–2024)**

Вариант	Количество продуктивных стеблей, шт./м ²	Длина главного колоса, см	Количество зерновок в главном колосе, шт./колос	Количество зерен с растения, шт./растение	Масса 1000 зерен, г	Урожай, т/га
предпосевная обработка семян						
Контроль	346,9	7,7	11,9	37,1	32,6	3,4
Селес Топ КС	375,0	8,6	13,0	39,7	34,2	4,15
НВХЗ + хитозан	404,9	8,3	12,5	37,9	33,6	4,0
НВХЗ + ЭКСС	416,0	8,5	12,7	39,3	34,03	4,2
опрыскивание вегетирующих растений						
Контроль	350,7	7,8	11,8	36,7	32,27	3,5
Абакус У	423,0	8,4	12,6	39,8	33,1	4,5
НВХЗ + хитозан	437,6	8,1	12,3	39,2	33,1	4,1
НВХЗ + ЭКСС	422,9	8,3	12,3	38,7	33,2	4,1
НСР ₀₅ фактор А (способ обработки)	10,42	0,141	0,276	1,045	0,391	0,208
фактор В (варианты)	14,74	0,195	0,390	1,477	0,552	0,294
Частные средние	20,85	0,282	0,552	2,089	0,781	0,415

Выводы. Изучаемые препараты на основе новохинола независимо от способа их применения оказали положительное влияние на оптимизацию условий для роста и развития растений на всех этапах онтогенеза. НВХ3+ЭКСС снижал развитие корневых гнилей в фазу кущения в 5,4 раза, а в фазу колошения – в 2,0 раза. Отмечено, что экспериментальные препараты способствуют снижению поражения пшеницы облигатными патогенами – мучнистой росой и бурой ржавчиной. Установлено стимулирующее влияние препаратов на площадь

флаг-листа, высоту растений, длину главного колоса в сравнении с контролем. Наиболее выраженным действием на формирование продуктивного стеблестоя обладал НВХ3+хитозан при опрыскивании растений – 437,6 шт./м²; в контроле – 350,7 шт./м². Предпосевная обработка семян НВХ3+хитозан позволила увеличить урожайность пшеницы на 17,6, а НВХ3+ЭКСС – на 23,5%.

Финансирование. Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РНФ 23-16-00119.

Библиографический список

1. Изучение генетических ресурсов зерновых культур по устойчивости к вредным организмам. Методическое пособие под редакцией Е. Е. Радченко. М., 2008. 416 с.
2. Колесников Л. Е., Попова Э. В., Новикова И. И., Колесникова Ю. Р., Балагурова Е. Д. Применение хитозана в защите пшеницы от болезней и повышении урожайности // Прикладная биохимия и микробиология. 2022. Т. 58, № 3. С. 294–301. DOI: 10.31857/S0555109922030072
3. Новикова И. И., Попова Э. В., Колесников Л. Е., Колесникова Ю. Р., Чекурова С. С. Устойчивость к болезням, продуктивность и содержание фотосинтетических пигментов в листьях яровой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) под влиянием полифункциональных биопрепаратов и комплексов на основе микроорганизмов и хитозана // Сельскохозяйственная биология. 2023. Т. 58, № 1. С. 158–183. DOI: 10.15389/agrobiology.2023.1.158
4. Попова Э. В., Домнина Н. С., Сокорнова С. В., Коваленко Н. М., Тютюрев С. Л. Инновационные гибридные иммуномодуляторы растений на основе хитозана и биоактивных антиоксидантов и прооксидантов // Сельскохозяйственная биология. Т. 56, № 1. 2021. С. 158–170. DOI: 10.15389/agrobiology.2021.1.158
5. Теребова Е. Н., Орешникова Н. В., Павлова М. А., Стародубцева А. А. Использование коры сосны обыкновенной и шунгитовой крошки для выращивания овса посевного (*Avena sativa* L.) в закрытом грунте // Лесной вестник. 2024. Т. 28, № 2. С. 55–69. DOI: 10.18698/2542-1468-2024-2-55-69
6. Щербань А. Б. Хитозан и его производные как перспективные средства защиты растений // Вавилонский журнал генетики и селекции. 2023. № 27(8). С. 1010–1021. DOI: 10.18699/VJGB-23-116
7. Francesconi S., Steiner B., Buerstmayr H., Lemmens M., Sulyok M., Balestra G. M. Chitosan Hydrochloride Decreases *Fusarium graminearum* Growth and Virulence and Boosts Growth, Development and Systemic Acquired Resistance in Two Durum Wheat Genotypes // Molecules. 2020. Vol. 25, Article number: 4752. DOI: 10.3390/molecules25204752
8. Mawale K. S., Giridhar P. Chitosan nanoparticles modulate plant growth, and yield, as well as thrips infestation in *Capsicum* spp. // International Journal of Biological Macromolecules. 2024. Vol. 254, DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2023.127682
9. Mohsen M. E., Reda I. O., Yasser S. M., Saad A. A., Mohamed H., Sulaiman A., Abdelmonim Al. A. Mechanism of Wheat Leaf Rust Control Using Chitosan Nanoparticles and Salicylic Acid // Journal of Fungi. 2022. Vol. 8(3), Article number: 304. DOI: 10.3390/jof8030304
10. Teplyakova O. I., Fomenko V. V., Salakhutdinov N. F., Vlasenko N. G. NovoChizol™ Seed Treatment: Effects on Germination, Growth and Development in Soft Spring Wheat Natural Products. // Chemistry & Research. 2022. Vol. 10(5). P. 1–4. DOI: 10.35248/naturalproducts.10.5.104

Reference

1. Izuchenie geneticheskikh resursov zernovykh kul'tur po ustoichivosti k vrednym organizmam. Metodicheskoe posobie pod redaktsiei E. E. Radchenko [Study of genetic resources of grain crops according to pest resistance]. M., 2008. 416 s.
2. Kolesnikov L. E., Popova E. V., Novikova I. I., Kolesnikova Yu. R., Balagurova E. D. Primenenie khitozana v zashchite pshenitsy ot boleznei i povyshenii urozhainosti [Application of chitosan in protecting wheat from diseases and for improving productivity] // Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya. 2022. T. 58, № 3. S. 294–301. DOI: 10.31857/S0555109922030072
3. Novikova I. I., Popova E. V., Kolesnikov L. E., Kolesnikova Yu. R., Cheкурова S. S. Ustoichivost' k boleznyam, produktivnost' i sodержание fotosinteticheskikh pigmentov v list'yakh yarovoi myagkoi pshenitsy (*Triticum aestivum* L.) pod vliyaniem polifunktsional'nykh biopreparatov i kompleksov na osnove mikroorganizmov i khitozana [Disease resistance, productivity and photosynthetic pigments in leaves of spring common wheat (*Triticum aestivum* L.) under the effect of multifunctional biopreparations and complexes based on microorganisms and chitosan] // Sel'skokhozyaistvennaya biologiya. 2023. T. 58, № 1. S. 158–183. DOI: 10.15389/agrobiology.2023.1.158
4. Popova E. V., Domnina N. S., Sokornova S. V., Kovalenko N. M., Tyuterev S. L. Innovatsionnye gibridnye immunomodulyatory rastenii na osnove khitozana i bioaktivnykh antioksidantov i prooksidantov [Innovative hybrid immunomodulators of plants based on chitosan and bioactive antioxidants and prooxidants] // Sel'skokhozyaistvennaya biologiya. T. 56, № 1. 2021. S. 158–170. DOI: 10.15389/agrobiology.2021.1.158
5. Terebova E. N., Oreshnikova N. V., Pavlova M. A., Starodubtseva A. A. Ispol'zovanie kory sosny obyknovennoi i shungitovoi kroschki dlya vyrashchivaniya ovsa posevnogo (*Avena sativa* L.) v zakrytom grunte [Use of pine bark and shungite chips for growing oats (*Avena sativa* L.) in closed ground] // Lesnoi vestnik. 2024. T. 28, № 2. S. 55–69. DOI: 10.18698/2542-1468-2024-2-55-69

6. Shcherban' A. B. Khitozan i ego proizvodnye kak perspektivnye sredstva zashchity rastenii // Vavilovskii zhurnal genetiki i seleksii [Chitosan and its derivatives as promising plant protection products]. 2023. № 27(8). S. 1010–1021. DOI: 10.18699/VJGB-23-116
7. Francesconi S., Steiner B., Buerstmayr H., Lemmens M., Sulyok M., Balestra G. M. Chitosan Hydrochloride Decreases *Fusarium graminearum* Growth and Virulence and Boosts Growth, Development and Systemic Acquired Resistance in Two Durum Wheat Genotypes // *Molecules*. 2020. Vol. 25, Article number: 4752. DOI: 10.3390/molecules25204752
8. Mawale K. S., Giridhar P. Chitosan nanoparticles modulate plant growth, and yield, as well as thrips infestation in *Capsicum* spp. // *International Journal of Biological Macromolecules*. 2024. Vol. 254, DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2023.127682
9. Mohsen M. E., Reda I. O., Yasser S. M., Saad A. A., Mohamed H., Sulaiman A., Abdelmonim Al. A. Mechanism of Wheat Leaf Rust Control Using Chitosan Nanoparticles and Salicylic Acid // *Journal of Fungi*. 2022. Vol. 8(3), Article number: 304. DOI: 10.3390/jof8030304
10. Teplyakova O. I., Fomenko V. V., Salakhutdinov N. F., Vlasenko N. G. Novochizol™ Seed Treatment: Effects on Germination, Growth and Development in Soft Spring Wheat Natural Products. // *Chemistry & Research*. 2022. Vol. 10(5). P. 1–4. DOI: 10.35248/naturalproducts.10.5.104

Поступила: 22.01.25; доработана после рецензирования: 11.02.25; принята к публикации: 11.02.25.

Критерии авторства. Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Орлова Е. А. – выполнение полевых опытов и сбор данных, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи; Бехтольд Н. П. – выполнение полевых опытов, сбор данных; Щербань А. Б., Фоменко В. В. – концептуализация исследований.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.