

УДК 615.2:664-7(094)

DOI: 10.15372/KhUR20150516

Нанопрепараты висмута и серебра для предпосевной обработки семян яровой пшеницы

В. А. СКРЯБИН¹, Е. А. ОРЛОВА², Ю. И. МИХАЙЛОВ³, Ю. М. ЮХИН³¹Сибирский филиал

Всероссийского научно-исследовательского института зерна и продуктов его переработки, ул. Сибиряков-Гвардейцев, 49/2, Новосибирск 630088 (Россия)

E-mail: sfvniiz@yandex.ru

²Сибирский НИИ растениеводства и селекции,

филиал Института цитологии и генетики Сибирского отделения РАН, пос. Краснообск, Новосибирская обл. 630501 (Россия)

E-mail: Orlova.Lena10@yandex.ru

³Институт химии твердого тела и механохимии Сибирского отделения РАН, ул. Кутателадзе, 18, Новосибирск 630128 (Россия)

E-mail: yukhin@solid.nsk.ru

Аннотация

Отмечена целесообразность применения в растениеводстве достигнутых в медицине результатов в создании нанофармацевтических материалов с резко повышенной антимикробной активностью. Установлено, что они обеспечивают защиту растений против патогенов и неблагоприятных воздействий абиотической природы. Стимулирующее действие нанопрепаратов висмута и серебра на длину проростков и корней яровой пшеницы в 1.2–1.3 раза превышает контроль. Обнаружено фунгицидное действие нанопрепаратов, снижающих развитие болезни (корневые гнили) в 2–4 раза. Предложены оптимальные концентрации и нормы расхода нанопрепарата висмута для производственных испытаний в зернопроизводстве. Биологически активный нанопрепарат висмута превосходит по эффективности импортные протравители зерна, что открывает перспективы для импортозамещения в этой области.

Ключевые слова: яровая пшеница, нанопрепараты висмута и серебра, способы применения, урожайность

ВВЕДЕНИЕ

Зерно – стратегический ресурс и ключевой фактор продовольственной безопасности России [1]. Семена пшеницы, жизнеспособные в лабораторных условиях, после посева в поле испытывают сложное воздействие факторов внешней среды, в частности со стороны бактерий и почвенных грибов. Важным резервом повышения урожайности и качества зерна яровой пшеницы служит обеззараживание семенного материала от возбудителей болезней. Через семенной и посадочный материал передается около 75 % возбудителей грибной и более 88 % бактериальной приоро-

ды. Потери зерна от патогенных микроорганизмов достигают как минимум 15 % [1].

В качестве эффективных антимикробных средств широкое применение в медицине нашли препараты серебра [2] и висмута [3]. Ранее в исследованиях с нашим участием была показана высокая эффективность этих препаратов в отношении кишечной палочки, золотистого стафилококка, синегнойной бактерии, картофельной палочки. В отличие от висмута, применение серебра в медицине имеет давнюю историю и всесторонне изучено. Между тем в наших сравнительных исследованиях установлено, что в отношении указанной патогенной микрофлоры висмут со-

поставим или даже превосходит серебро, причем его стоимость более чем в 20 раз ниже, что очень важно для промышленного применения препаратов в сельском хозяйстве. Современное состояние комплекса вопросов, связанных с применением серебра и висмута в медицине, характеризуется поступательным развитием. Существенно, что современные наука и практика, освоив в передовых областях микрообъекты, в XXI веке уверенно переходят в мир объектов наноразмерного масштаба [4]. Среди приоритетных направлений исследований отмечены медицина и агропромышленный комплекс. И если в первом из них уже имеется значительный научно-технический задел, то второе находится на этапе поисковых работ. В этой связи целесообразно вести поиск решения проблем обеззараживания зерна с учетом достижений в области здравоохранения [4].

Химия гетерогенных систем характеризуется размерными эффектами [5]. Переход вещества, например частиц металла, к наноразмерному масштабу хотя бы в одном измерении сопровождается изменением их фундаментальных свойств (эффект квантового ограничения) и повышением их активности [5], в том числе биологической [6]. Особенно эффективен диапазон размеров 1–10 нм [5], в котором, например, наночастицы серебра способны ингибировать вирус иммунодефицита человека (ВИЧ) [6]. Повышенная биологическая активность частицы висмута наноразмерного масштаба установлена в отношении синегнойной бактерии и, что примечательно, картофельной палочки как угрозы качеству хлеба [7–9]. Отметим, что использовались стандартные типовые культуры этих микроорганизмов, рекомендованные для определения антимикробного действия препаратов. В целях обеззараживания зерна в первую очередь исследован потенциал висмута, а серебро привлечено для сравнения. Использовали коллоидный раствор субцитрата висмута с размером частиц 2–4 нм и аналогичный раствор серебра. Субцитрат висмута является исходным основным активным прекурсором для изготовления субстанции современных фармацевтических препаратов (De-Nol и др.), обладающих высокой терапевтической активностью и низкой токсичностью при лечении желудочно-кишечных

заболеваний. Биологическую эффективность исследуемых нанопрепаратов в отношении зерна сравнивали с действием широко известных в настоящее время в зернопроизводстве импортных протравителей семян Раксил Ультра (Германия) и Витавакса (Crompton Corp., Uniroyal Chemical Reg. Ltd, Великобритания, США).

Цель данного исследования – выявление биологической эффективности нанопрепаратов висмута и серебра при обеззараживании семян мягкой яровой пшеницы перед посевом и оценка возможности импортозамещения зарубежных протравителей зерна.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

В изучении действия нанопрепаратов висмута и серебра на этапе предпосевной обработки семян яровой пшеницы, их влияния на ростовые процессы и фунгицидные свойства принимали участие несколько научных коллективов: ИХТТМ СО РАН (разработчик нанопрепаратов), СФ “ВНИИЗ” и СибНИИРС (проведение лабораторных, опытных и производственных испытаний нанопрепаратов на сортах мягкой яровой пшеницы сибирской селекции). Концентрация коллоидных растворов субцитрата висмута составляла 2.8 и 5.6 мг/л, серебра – 5.0 и 10 мг/л; норма расхода препаратов в опытах достигала 11.0 л на 1 т семян.

Токсическое действие нанопрепаратов на фитопатогенную микрофлору семян определяли в чистой культуре путем высева обработанных серебром и висмутом семян яровой пшеницы на картофельно-декстрозном агаре [10].

Влияние нанопрепаратов на посевные качества семян исследовали в лабораторных условиях на сортах сибирской селекции Новосибирская 29 и Сибирская 12. Посевные качества семян – энергию прорастания и всхожесть – определяли по ГОСТ 12038–84 “Метод определения всхожести”.

Оценку на поражение корневыми гнилями проростков пшеницы проводили в лабораторных условиях рулонным методом, дифференцированно по органам, одновременно измеряя их длину [10–12].

Полевые испытания нанопрепаратов серебра и висмута проводили на фитопатологичес-

ТАБЛИЦА 1

Влияние нанопрепаратов на всхожесть и энергию прорастания семян яровой пшеницы Новосибирская 29

Варианты опытов	Энергия прорастания, %				Всхожесть, %			
	2010 г.	2011 г.	Среднее	+/- к контролю	2010 г.	2011 г.	Среднее	+/- к контролю
Ag (5 мг/л)	94.7	90.7	92.7	+3.0	97.3	95.3	96.3	+2.3
Ag (10 мг/л)	92.7	90.0	91.4	+1.7	93.3	94.7	94.0	0
Bi (2.8 мг/л)	98.0	91.3	94.7	+5.0	98.0	94.0	96.0	+2.0
Bi (5.6 мг/л)	90.0	92.7	91.4	+1.7	94.7	94.0	94.4	+0.4
Раксил Ультра	89.3	88.0	88.7	-1.0	92.0	94.0	93.0	-1.0
То же + Bi (2.8 мг/л)	-	91.7	91.7	+2.0	н/о	94.7	94.7	+0.7
Контроль	94.7	84.7	89.7		96.0	92.0	94.0	

Примечание. Н/о – не определяли.

ком участке лаборатории иммунитета ФГБНУ СибНИИРС на делянке площадью 2.4 м² в трех повторностях.

Производственный опыт проводили на селекционном участке СибНИИРС на площади 2.4 га в трех повторностях каждого варианта. Зерно убирали с помощью комбайна.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ семян в лабораторных условиях показал, что в среднем за годы исследований энергия прорастания и всхожесть семян, обработанных нанопрепаратами, превышали показатели, полученные в вариантах с контролем и химическим протравителем Раксил Ультра. Во все годы отмечено положительное влияние висмута в концентрации 2.8 мг/л

на энергию прорастания и всхожесть. Серебро в концентрации 5 мг/л повысило всхожесть семян в 1.03 раза по сравнению с контрольным вариантом (табл. 1).

Измерение длины органов проростка в лабораторных исследованиях позволило установить ростостимулирующее действие препаратов серебра и висмута в наноформе. Во всех вариантах длина ростка, coleoptily и корней увеличивается в среднем в 1.1–1.3 раза по сравнению с контролем. Химические протравители Раксил Ультра и Витавакс существенного влияния на длину органов растения не оказали (табл. 2).

Предпосевная обработка семян изучаемыми препаратами способствует снижению зараженности зерна фитопатогенными грибами. Максимальная эффективность отмечена при применении висмута в дозе 5.6, серебра – 10 мг/л (табл. 3).

ТАБЛИЦА 2

Влияние нанопрепаратов висмута и серебра на длину органов проростка яровой пшеницы исследуемых сортов (лабораторные испытания)

Варианты опытов	Новосибирская 29			Сибирская 12		
	Длина органов, мм (среднее за 2010–2011 гг.)			Длина органов, мм (среднее за 2012–2013 гг.)		
	Проросток	Корни	Колеоптиль	Проросток	Корни	Колеоптиль
Контроль	108.40	117.9	61.85	75.7	125.5	66.8
Bi (2.8 мг/л)	128.6	144.15	64.3	79.4	132.8	69.0
Bi (5.6 мг/л)	123.25	137.7	64.3	80.1	131.5	71.4
Ag (5 мг/л)	126.75	136.85	67.1	80.3	137.5	68.1
Ag (10 мг/л)	121.9	130.95	64.05	83.5	138.2	69.9
Раксил Ультра	63.55	118.6	22.6	н/о	н/о	н/о
То же + Bi (2.8 мг/л)	101.9	143.2	31.8	н/о	н/о	н/о
Витавакс 200	н/о	н/о	н/о	79.9	132.9	72.9

Примечание. Н/о – не определяли.

ТАБЛИЦА 3

Влияние нанопрепаратов висмута и серебра на заселенность семян яровой пшеницы фитопатогенами

Варианты опытов	Заселенность семян фитопатогенными грибами, %			
	<i>Alternaria</i>	<i>Fusarium</i>	<i>Bipolaris</i>	Общая зараженность
Контроль	40	16	10	66
Ві (2.8 мг/л)	32	14	6	52
Ві (5.6 мг/л)	26	12	4	42
Ag (5 мг/л)	38	2	8	48
Ag (10 мг/л)	22	8	4	34

ТАБЛИЦА 4

Эффективность нанопрепаратов в борьбе с корневыми гнилями яровой пшеницы сорта Новосибирская 29 (среднее за 2010–2011 гг.)

Варианты опытов	Индекс развития болезни, %				
	Первичные корни	Вторичные корни	Основание	Эпикотиль	В среднем по растению
Контроль	35.5	12.8	28.2	26.8	25.8
Ag (10 мг/л)	19.2	5.7	18.8	22.7	17.8
Ag (5 мг/л)	23.0	6.0	20.0	16.7	16.4
Ві (5.6 мг/л)	16.3	4.3	18.9	16.3	13.9
Ві (2.8 мг/л)	17.3	8.9	16.4	17.3	15.0
Раксил Ультра (120 г/л)	22.8	2.0	4.0	10.8	8.9

Проведенная в фазу кущения оценка пораженности растений корневыми гнилями дифференцировано по органам позволила выявить эффективность нанопрепаратов в борьбе с этим заболеванием. За годы исследований наибольшее оздоравливающее действие демонстрирует висмут (табл. 4).

Исследование последствий препаратов на семенную инфекцию и поражение проростков пшеницы корневыми гнилями после 5 мес.

хранения зерна показывает, что фунгицидное действие препаратов сохраняется. Отмечено снижение поражения проростков корневыми гнилями во всех вариантах по сравнению с контролем (табл. 5).

Отмечено увеличение урожайности на 20 % в вариантах с концентрацией висмута 2.8–5.6 мг/л, серебра – 5–10 мг/л. При этом отчетливо прослеживается тенденция к увеличению эффективности нанопрепаратов вис-

ТАБЛИЦА 5

Влияние последствий нанопрепаратов на поражение проростков семян пшеницы нового урожая корневыми гнилями после 5 мес. хранения (лабораторные испытания)

Варианты опытов	Индекс развития болезни на проростках, %			
	Среднее за 2010–2013 гг.	После 5 мес. хранения зерна урожая		
		2010 г.	2012 г.	2013 г.
Контроль	19.07	11.5	18.1	14.9
Ві 2.8 мг/л	15.5	10.2	3.2	7.9
Ві 5.6 мг/л	13.0	6.5	3.4	7.1
Ag 5 мг/л	17.1	9.2	8.4	7.9
Ag 10 мг/л	14.9	7.85	7.5	7.3
Раксил Ультра (240 мг/л)	4.6	7.1	4.3	н/о
То же + Ві (2.8 мг/л)	4.1	н/о	6.8	н/о

Примечание. Н/о – не определяли.

ТАБЛИЦА 6

Влияние обработки семян пшеницы нанопрепаратами висмута и серебра на урожай (производственные испытания)

Варианты опытов	Новосибирская 29		Сибирская 12	
	Урожайность, ц/га		Урожайность, ц/га	
	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.
Контроль	31.5	34.2	7.9	9.9
Bi (2.8 мг/л)	42.6	37.7	9.4	12.4
Bi (5.6 мг/л)	37.5	43.5	9.5	11.8
Ag (5 мг/л)	35.5	43.6	9.5	12.9
Ag (10 мг/л)	41.2	40.2	9.6	12.7
Раксил Ультра (240 мг/л)	39.4	35.2	9.1	10.4
То же + Bi (2.8 мг/л)	н/о	30.8	9.4	13.2
НСР _{0.5}	1.04	0.06	0.83	0.65

Примечание. Н/о – не определяли.

висмута и серебра при выращивании растений в неблагоприятный по метеоусловиям вегетационный период: засушливый 2012 г. и с избыточным количеством осадков 2013 г. (табл. 6).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Установлено, что стимулирующее действие нанопрепаратов висмута и серебра на рост проростков и корней яровой пшеницы в 1.3 раза превышает контроль. Благодаря этому их использование позволяет существенно улучшить качество всходов, повысить продуктивность стебля и урожайность зерна.

При оценке пораженности проростков яровой пшеницы корневыми гнилями выявлено фунгицидное действие нанопрепаратов. Оптимальное фитосанитарное действие выражено у препарата висмута с концентрацией 2.8 и 5.6 мг/л.

Для производственных испытаний предложен препарат висмута с концентрацией 5.6 мг/л при норме расхода 10 л на 1 т семян яровой пшеницы.

Применение препарата висмута экономически целесообразно: стоимость этого металла составляет 900 руб./кг, тогда как серебра – 20 000 руб./кг.

Применение биологически активных препаратов висмута и серебра с указанной концентрацией позволило более чем вдвое снизить действие патогена в борьбе с корневой гнилью и по эффективности превосходит импортные протравители семян Витавакс и Рак-

сил Ультра, что открывает перспективы для решения актуальной проблемы импортозамещения в этой области. Кроме того, препарат висмута нетоксичен и экологически безопасен.

Предложенный нами препарат висмута стимулирующего действия с фунгицидными антистрессовыми свойствами для предпосевной обработки семян и способ его применения защищены патентом РФ [13], а также патентом на способ получения исходного соединения субцитрата висмута (висмут-калий-аммоний цитрата) [14]. Этот препарат зарегистрирован в реестре лекарственных средств РФ (номер ФС-001029) и допущен к использованию в медицинской практике. Ведутся его укрупненные производственные испытания в хозяйственной практике, в том числе в отношении возможности импортозамещения зарубежных протравителей зерна. Готовится оформление санитарно-гигиенического заключения по его применению с целью внесения в реестр разрешенных к использованию препаратов в растениеводстве.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Мачихина Л. И., Алексеева Л. В., Львова Л. С. Научные основы продовольственной безопасности зерна (хранение и переработка). М.: ДеЛи принт, 2007. С. 15–329.
- 2 Блажитко Е. М., Бурмистров В. А., Колесников А. П., Михайлов Ю. И., Родионов П. П. Серебро в медицине. Новосибирск: Наука-Центр, 2004. С. 254.
- 3 Юхин Ю. И., Михайлов Ю. И. Химия висмутовых соединений и материалов. Новосибирск: Наука-Центр, 2004. 254 с.

- 4 Михайлов Ю. И., Юхин Ю. И. // Материалы междуна- р. науч.-практ. конф. “Серебро и висмут в медици- не”. Новосибирск, 25–26 февраля 2005 г. С. 31–34.
- 5 Уваров Н. Ф., Болдырев В. В. // Усп. химии. Т. 70, № 4. 2001. С. 307–329.
- 6 Михайлов Ю. И. // Сб. тр. междунар. науч.-практ. конф. “Нанотехнологии и наноматериалы для биологии и медицины”. Новосибирск, 11–12 октября 2007 г. С. 101–107.
- 7 Михайлов К. Ю., Юхин Ю. И., Блажитко Е. М., Михай- лов Ю. И. // Сб. тр. междунар. науч.-практ. конф. “На- нотехнологии и наноматериалы для биологии и медицины”. Новосибирск, 11–12 октября 2007 г. С. 210–212.
- 8 Скрябин В. А., Михайлов Ю. И., Юхин Ю. М., Носен- ко Н. А., Орлова Е. А., Реймер В. А. // Сб. тр. между- нар. конф. “Биотехнологии и качество жизни”. Сек- ция “Сельскохозяйственные биотехнологии”. М., 18–20 марта 2014 г. С. 306–308.
- 9 Скрябин В. А., Мачихина Л. И., Носенко Н. А., Орло- ва Е. А., Михайлов Ю. И., Юхин Ю. М., Болдырев В. В. // Сб. материалов Всерос. науч.-практ. конф. “Акту- альные проблемы в области создания инновационных технологий хранения сельскохозяйственного сырья и пищевых продуктов”. Углич, 2011 г. С. 230–233.
- 10 Наумова Н. А. Анализ семян на грибную и бактери- альную инфекцию. Л.: Изд-во “Колос”, 1970. 207 с.
- 11 Чулкина В. А. / Методические указания по учету обыкновенной корневой гнили хлебных злаков в Си- бири дифференцированно по органам. Новосибирск: изд. СО ВАСХНИЛ, 1972. 21 с.
- 12 Лангольф Э. И. , Чулкина В. А. Оценка устойчивости яровой пшеницы к обыкновенной корневой гнили в Западной Сибири. Методические рекомендации СО ВАСХНИЛ. Новосибирск, 1985. 12 с.
- 13 Пат. 2556723 РФ, 2015.
- 14 Пат. 2530897 РФ, 2014.