

УДК 632.952:633.11“321”:632.4

СУПРАМОЛЕКУЛЯРНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ТЕБУКОНАЗОЛА С ВЕЩЕСТВАМИ ЭКСТРАКТА КОРНЕЙ СОЛОДКИ – ЭФФЕКТИВНЫЕ ФУНГИЦИДЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ ОТ ОБЫКНОВЕННОЙ КОРНЕВОЙ ГНИЛИ

© 2020 г. О. И. Теплякова¹, Н. Г. Власенко^{1,*}, А. В. Душкин^{2,**}

¹Сибирский научно-исследовательский институт земледелия и химизации сельского хозяйства СФНЦА РАН
630501 р.п. Краснообск, Новосибирская обл., Россия

²Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН
630128 Новосибирск, ул. Кутателадзе, 18, Россия

*E-mail: vlas_nata@ngs.ru

**E-mail: solid.nsc.ru

Поступила в редакцию 20.12.2019 г.

После доработки 29.01.2020 г.

Принята к публикации 10.02.2020 г.

Показана высокая эффективность супрамолекулярных комплексов тебуконазола с комплексообразователем – веществом-“носителем” глицирризиновой кислотой и ее производными – важнейшими компонентами корневой солодки, содержащимися в их водном экстракте, – в подавлении развития обыкновенной корневой гнили на растениях мягкой яровой пшеницы. Комплексы – самоассоциаты типа “гость–хозяин” показали эффективность их применения для предпосевной обработки семян яровой пшеницы в пониженных более чем в 2 раза нормах расхода действующего синтетического фунгицида тебуконазола, что обеспечило увеличение густоты стояния, выживаемости растений к уборке урожая, показателей структуры колоса и сбора зерна мягкой яровой пшеницы.

Ключевые слова: яровая мягкая пшеница, обыкновенная корневая гниль, комплексы тебуконазола, компоненты экстракта корней солодки уральской, продуктивность, урожайность зерна.

DOI: 10.31857/S0002188120050142

ВВЕДЕНИЕ

На протяжении многих десятилетий развитие химического метода защиты растений происходило в 2-х направлениях. Первое связано с поиском наиболее эффективных химических средств и технологий их применения, а второе – с повышением безопасности и экологичности вышеуказанного химического метода [1]. Одним из действенных и доступных методов ограничения пестицидной нагрузки на агроценоз является снижение норм расхода пестицидов, и его применяют при разработке экологизированных схем защиты пшеницы [2]. Уменьшению норм расхода фунгицидов без снижения их биологической эффективности способствуют наноструктурные и супрамолекулярные формы [3]. Наноконструкции и новые модификации препаративных форм рассматривают в качестве альтернативы старым коммерческим препаратам [4, 5]. Нанофунгицидные комплексы способны вызывать полное ингибирование прорастания конидий *Bipolaris sorokiniana* Shoemaker [6] – основного возбудителя обыкновенной корневой гнили – экономиче-

ски значимой болезни в Сибири [7] и мире [8–11]. Болезнь, вызывающая потери урожайности до 10–23% [9], эффективно контролируется фунгицидами, обладающими комплексным действием. К числу таких относят фунгицид раксил, КС (действующее вещество – тебуконазол) [12]. Препарат эффективен в условиях острой засухи [13], активно подавляет *Bipolaris sorokiniana*, *Fusarium* spp., *Alternaria* spp., способствует повышению густоты стояния растений к уборке, числа зерен в колосе, массы 1000 семян [12, 14, 15]. Тебуконазол, обладая системно-транслокационным действием, успешно уничтожает внешнюю и внутреннюю семенную инфекции [16]. С целью повышения эффективности фунгицидной активности предлагают использовать композиции тебуконазола с контролируемым высвобождением действующего вещества [17]. Препаративные формы тебуконазола в виде гранул и пленок эффективны против фузариозной семенной инфекции и при низком уровне естественной почвенной инфекции способны сдерживать развитие корневой гнили в течение 20–30 сут [18].

Использование современных методов нанотехнологий, в том числе и так называемых “систем доставки” биологически активных молекул до чувствительных рецепторов патологических микроорганизмов, уже используемых в фармакологии, является важным перспективным направлением улучшения характеристик средств защиты растений, повышающих их эффективность и безопасность использования. Применение таких подходов должно иметь множество потенциальных возможностей в сельском хозяйстве [19]. В частности, появилась возможность получения эффективных фунгицидных препаратов на основе тебуконазола путем его механохимического “сочетания” с водорастворимыми полимерами [20]. В качестве таких вспомогательных веществ эффективно использовали полисахариды, выделяемые из ламинарии, арабиногалактан, выделяемый из древесины сибирской лиственницы, или глицирризиновую кислоту и ее соли из сухого экстракта корня солодки, которые формируют супрамолекулярные системы, в структуру которых входят молекулы тебуконазола. Это позволяет получать препараты для протравливания семян с улучшенными экологическими и биологическими свойствами, обеспечивающие снижение нормы расхода тебуконазола в несколько раз [20–23] за счет улучшения системы доставки тебуконазола в водных растворах мицелл вспомогательных веществ с включенными в них молекулами активного фунгицида, что повышает его водорастворимость и прохождение через клеточные мембраны.

Цель работы – оценить эффективность предпосевной обработки семян супрамолекулярными комплексами тебуконазола с экстрактом корней солодки уральской для подавления обыкновенной корневой гнили яровой мягкой пшеницы.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование проведено в 2018–2019 гг. на опытном поле СибНИИЗиХ в центрально-лесостепном Приобском агроландшафтном районе Новосибирской обл. Почва – чернозем выщелоченный среднесуглинистый среднемощный. В опытах использовали мягкую яровую пшеницу сорта Новосибирская 31, которую высевали после парового предшественника в начале 3-й декады мая с нормой посева 6.5 млн всхожих зерен/га. Опыт включал следующие варианты: 1 – контроль без обработки семян фунгицидами, 2 – обработка семян фунгицидом раксил, КС (д.в. тебуконазол, 60 г/л) с нормой расхода 0.5 л/т, 3 – обработка семян фунгицидом раксил, КС с нормой расхода 0.25 л/т, 4 – обработка семян супрамолекулярным комплексом тебуконазола с растительными метаболитами экстракта корней солодки уральской (*Glycyrrhiza uralensis* Fisch.) в соотношении 1:10 по массе, ВМ 24 ч, норма расхода препарата 0.3 кг/т, 5 – обработка семян супрамолекулярным комплексом те-

буконазола с экстрактом корней солодки в соотношении 1:10 по массе, ВМ 24 ч, норма расхода препарата 0.15 кг/т, 6 – обработка семян супрамолекулярным комплексом тебуконазола с экстрактом корней солодки в соотношении 1:5 по массе, ВМ 24 ч, норма расхода препарата 0.15 кг/т, 7 – обработка семян супрамолекулярным комплексом тебуконазола с экстрактом корней солодки в соотношении 1:5 по массе, ВМ 24 ч, норма расхода препарата 0.075 кг/т.

Приготовление сухих композиций – комплексов тебуконазола с экстрактом корней солодки осуществляли по оригинальной механохимической технологии, описанной ранее [20]. Протравливание проводили с увлажнением – 10 л/т семян. Площадь делянки полевого опыта в 2018 г. – 21.5 м², в 2019 г. – 10.2 м², повторность соответственно – четырех- и восьмикратная, размещение вариантов систематическое. Уборку урожая осуществляли прямым комбайнированием, урожайность приводили к стандартной чистоте и влажности.

Оценку фитосанитарного состояния корневой системы яровой пшеницы [7] проводили в фазах 2-х листьев и кушения. В каждом варианте отбирали по 100 растений (10 × 10 точек/делянке), корневую систему перед анализом отмывали под проточной водой с душевой насадкой. Математическую обработку данных осуществляли при помощи пакета прикладных программ “СНЕДЕКОР” [24].

Пшеницу выращивали в годы со следующими метеорологическими показателями. В 2018 г. температура воздуха в мае была ниже нормы на 3.3°C, осадки обильные, с превышением среднегодовых показателей в 2.3 раза. В июне температура воздуха превышала среднегодовые показатели на 2.4°C, норму осадков – в 1.2 раза, в июле температурный режим был близок к норме, со снижением (на 1.1 и 2.8°C) в 1-й и 3-й декадах и превышением (на 2.5°C) – во 2-й декаде. Осадки в июле выпадали в 3-й декаде, и их количество превысило норму в 2 раза. В 1-й декаде влагообеспеченность была ниже нормы в 1.9 раза, во 2-й декаде дожди практически отсутствовали. В 1-й декаде августа температура воздуха была на 2.1°C ниже среднегодовой, во 2-й и 3-й – превысила ее на 2.4 и 2.0°C соответственно. Дефицит осадков (в 1.9 раза меньше нормы) отмечен в 1-й и 2-й декаде августа, 3-й декаде осадков было в 1.3 раза больше нормы.

В 2019 г. температура воздуха в мае была на уровне нормы, незначительный недобор отмечен только во 2-й декаде – на 1.3°C. Выпавшие в 3-й декаде месяца обильные осадки обеспечили превышение показателя майской месячной нормы в 1.2 раза. Июнь и июль по температурному режиму были близки к среднегодовым. Недобор тепла (на 1.2 и 0.7°C) отмечен в 3-й декаде июня и июля, превышение (на 0.7°C) – в 1-й и 2-й дека-

Таблица 1. Влияние обработки семян комплексами тебуконазола с экстрактом корней солодки на развитие и распространенность обыкновенной корневой гнили в посевах яровой мягкой пшеницы Новосибирская 31

Вариант (препарат, норма расхода)	Фаза развития							
	2 листа				кущение			
	индекс развития болезни		распространенность болезни		индекс развития болезни		распространенность болезни	
	2018 г.	2019 г.	2018 г.	2019 г.	2018 г.	2019 г.	2018 г.	2019 г.
Контроль	26.3	21.5	87.0	73.0	41.5	29.0	92.0	83.0
Раксил, КС, 0.5 л/т	10.3	12.5	40.0	49.0	11.3	16.0	40.0	61.0
Раксил, КС, 0.25 л/т	10.0	10.5	36.0	41.0	22.4	19.1	74.2	73.0
Тебуконазол : экстракт корней солодки (1 : 10), 0.3 кг/т	8.5	12.3	33.0	47.0	5.3	18.8	21.0	77.0
Тебуконазол : экстракт корней солодки (1 : 10), 0.15 кг/т	5.3	7.5	20.0	30.0	11.0	17.8	34.0	73.0
Тебуконазол : экстракт корней солодки (1 : 5), 0.15 кг/т	4.8	7.5	18.0	29.0	6.3	15.8	24.0	64.0
Тебуконазол : экстракт корней солодки (1 : 5), 0.075 кг/т	6.3	10.0	24.0	37.0	8.5	19.0	29.0	72.0
<i>HCP</i> ₀₅	0.8	1.9	2.7	2.1	1.6	0.7	2.9	2.9
Степень влияния по Снедекору, %	99.5	99.7	99.4	99.1	99.3	98.9	99.5	93.3

дах июля. Количество выпавших осадков в период кушения (июне) составило 45% нормы, особенно дефицитными (в 2.0 и 7.4 раза ниже среднегодовой нормы) были 1-я и 3-я декады. В июле основные осадки, превысившие норму на 13.0 и 38.0 мм, выпали в 1-й и 3-й декадах. В августе на фоне пониженного увлажнения (в 15.0, 2.2 и 2.0 раза) подекадная температура воздуха превышала среднегодовые показатели на 3.1, 1.8 и 2.9°C.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследование показало, что протравливание семян яровой пшеницы фунгицидными комплексами тебуконазола с экстрактом корней солодки эффективно подавляло развитие и распространенность болезни в посевах в критические фазы развития (всходы—кущение) (табл. 1).

Рассматривая пораженность растений обыкновенной корневой гнилью, следует отметить значительное влияние условий вегетации (степень влияния по Снедекору = 63.2%) на этот процесс. Развитие болезни и частота встречаемости проростков (фаза 2-х листьев) с симптомами заболевания в контрольном варианте усиливались в сезон (2018 г.) с обильным выпадением осадков и недостатка тепла. В 2019 г. набухание, прорастание семян, формирование первичной корневой системы пшеницы на первых этапах органогенеза проходило при повышенном выпадении осадков

и достаточной для роста культуры теплообеспеченности. В этих условиях отмечены сниженные (в 1.2 раза) показатели индекса развития и распространенности болезни, также уменьшилась в сравнении с предыдущим годом и биологическая эффективность фунгицидов-протравителей: в 1.5 и 1.2 раза — при применении раксил с нормой расхода 0.5 и 0.25 л/т семян, в 1.6 и 1.2 раза — тебуконазола с экстрактом корней солодки (1 : 10), с нормой расхода 0.3 и 0.15 кг/т, в 1.3 и 1.4 раза — тебуконазола с экстрактом корней солодки (1 : 5), с нормой расхода 0.15 и 0.075 кг/т (рис. 1).

В фазе формирования 2-го листа наибольшая биологическая эффективность (80–82% в 2018 г. и 65% в 2019 г.) была получена в вариантах применения тебуконазола с экстрактом солодки в соотношениях 1 : 10 и 1 : 5 с нормой расхода 0.15 кг/т семян. В этих же условиях препарат раксил сдерживал развитие болезни на 61–62 и 42–51% соответственно. Аналогичной эффективности не обеспечивали повышенная норма расхода (0.3 кг/т) комплекса тебуконазол : экстракт корней солодки (1 : 10) и пониженная (0.075 кг/т) — тебуконазол : экстракт корней солодки (1 : 5). Первый слабее защищал корневую, второй — прикорневую часть растений. В 2018 г. в фазе кушения пшеницы корневой гнилью меньше поражаются растения в вариантах с более высокими нормами применения комплексов, биологическая эффективность которых составила 87 и 85%, при уменьшении норм расхода препаратов в

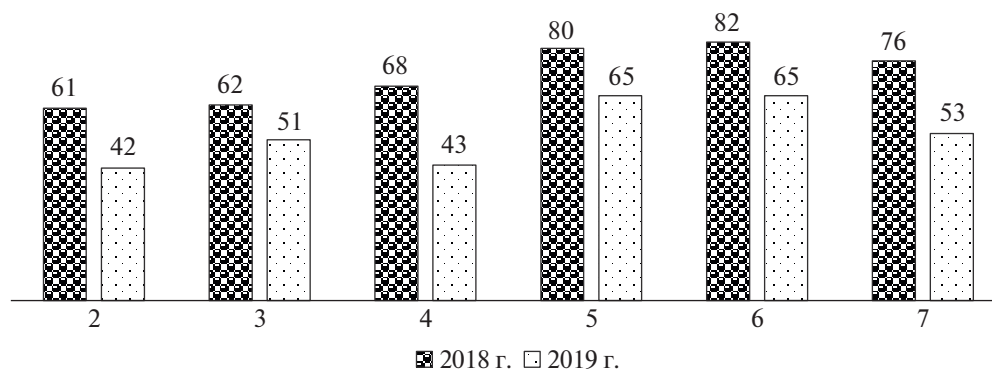


Рис. 1. Биологическая эффективность обработки семян комплексами тебуконазола с экстрактом корней солодки против обыкновенной корневой гнили, фаза 2-х листьев (% к контролю), варианты: 1 – контроль, без обработки семян фунгицидами, 2 – раксил, КС, 0.5 л/т, 3 – раксил, КС, 0.25 л/т, 4 – тебуконазол : экстракт корней солодки (1 : 10), 0.3 кг/т, 5 – тебуконазол : экстракт корней солодки (1 : 10), 0.15 кг/т, 6 – тебуконазол : экстракт корней солодки (1 : 5), 0.15 кг/т, 7 – тебуконазол : экстракт корней солодки (1 : 5), 0.075 кг/т. То же на рис. 2.

2 раза эффективность была немного меньше – 73 и 80%, что было сопоставимо с применением раксилы в рекомендованной норме расхода (73%), а при ее уменьшении в 2 раза показатель снижался уже до 46%. В 2019 г. снижение пораженности корневой гнилью растений в фазе кушения пшеницы на уровне 46% наблюдали в вариантах применения раксилы с нормой расхода 0.5 кг/т семян и тебуконазола с экстрактом корней солодки (1 : 5) с нормой расхода 0.15 кг/т. В остальных вариантах опыта биологическая эффективность предпосевной обработки семян варьировала от 34 до 39%.

Защита семенного материала яровой мягкой пшеницы комплексными препаратами тебуконазола с

экстрактом корней солодки обеспечила лучшую всхожесть и выживаемость растений культуры (табл. 2).

Обработка семян комплексными фунгицидами в обеих нормах расхода ежегодно повышала их всхожесть. В среднем за 2 года опыта густота стояния защищенных растений в фазе всходов увеличивалась на 13.0 и 6.0% при применении комплекса тебуконазол с экстрактом корней солодки (1 : 10) с нормой расхода 0.3 и 0.15 кг/т семян и на 8.8 и 8.4% в вариантах тебуконазол : экстракт корней солодки (1:5) с нормой расхода 0.15 и 0.075 кг/т. При использовании раксилы с нормами расхода 0.5 и 0.25 кг/т этот показатель увеличивался на 4.5 и 6.7%. Выживаемость растений к уборке также увеличивалась на 10.6 и 11.4, 10.9 и 10.1%

Таблица 2. Влияние супрамолекулярных комплексов тебуконазола с экстрактом корней солодки на всхожесть и выживаемость растений мягкой яровой пшеницы

Вариант (препарат, норма расхода)	Густота стояния растений (всходы) шт./м ²		Выживаемость растений (конец вегетации), %	
	2018 г.	2019 г.	2018 г.	2019 г.
Контроль, без обработки семян фунгицидами	599	401	79.3	83.5
Раксил КС, 0.5 л/т	625	423	87.0	92.2
Раксил КС, 0.25 л/т	622	450	87.1	90.9
Тебуконазол : экстракт корней солодки (1 : 10), 0.3 кг/т	641	509	90.8	91.2
Тебуконазол : экстракт корней солодки (1 : 10), 0.15 кг/т	611	453	90.8	92.9
Тебуконазол : экстракт корней солодки (1 : 5), 0.15 кг/т	636	460	90.1	92.6
Тебуконазол : экстракт корней солодки (1 : 5), 0.075 кг/т	603	489	90.9	90.2
<i>HCP</i> ₀₅	15	5		
Степень влияния по Снедекору, %	69.0	98.7		

Таблица 3. Влияние комплексов тебуконазола с экстрактом корней солодки на структуру урожайности яровой мягкой пшеницы

Вариант (препарат, норма расхода)	Длина главного колоса, см		Число колосков в главном колосе, шт.		Масса зерна главного колоса, г		Масса 1000 зерен, г	
	2018 г.	2019 г.	2018 г.	2019 г.	2018 г.	2019 г.	2018 г.	2019 г.
Контроль, без обработки семян фунгицидами	7.98	9.76	14.9	16.1	1.13	1.42	38.8	35.6
Раксил КС, 0.5 л/т	8.70	10.4	16.2	17.2	1.18	1.56	40.1	36.6
Раксил КС, 0.25 л/т	8.81	10.3	15.3	17.2	1.23	1.59	41.7	37.5
Тебуконазол : экстракт корней солодки (1 : 10), 0.3 кг/т	9.00	10.4	16.2	17.5	1.39	1.61	42.3	38.5
Тебуконазол : экстракт корней солодки (1 : 10), 0.15 кг/т	9.13	10.6	16.1	17.5	1.45	1.63	42.2	38.8
Тебуконазол : экстракт корней солодки (1 : 5), 0.15 кг/т	9.23	10.3	16.7	17.2	1.50	1.62	43.5	37.9
Тебуконазол : экстракт корней солодки (1 : 5), 0.075 кг/т	9.17	10.3	16.6	17.2	1.50	1.64	44.2	38.3
<i>HCP</i> ₀₅	0.2	0.1	0.2	0.1	0.07	0.02	0.4	0.3
Степень влияния по Снедекору, %	91.1	87.6	95.8	96.3	90.4	94.5	97.4	97.4

соответственно при использовании комплексов тебуконазола с экстрактом корней солодки, а в вариантах с обработкой семян раксиллом показатели возросли на 9.2 и 8.5%.

У растений пшеницы достоверно увеличивались все показатели структуры урожая (табл. 3). Длина главного колоса в вариантах тебуконазол : экстракт солодки (1 : 10) с нормой расхода 0.3 и 0.15 кг/т в среднем за 2 года увеличивалась на 9.4 и 11.2%, в вариантах тебуконазол:экстракт солодки (1 : 5) с нормой расхода 0.15 и 0.075 кг/т – примерно на 10%. При применении раксилла, 0.5 и 0.25 л/т показатель повысился на 7.4 и 8.0% соответственно. Возрастала и озерненность колоса: количество колосков в главном колосе при применении разработанных комплексов повысилось на 8.4–8.3 и 9.2–8.9% соответственно, в вариантах использования раксилла – на 7.8–4.7%. Это обусловило и увеличение массы зерна главного колоса пшеницы на 17.2 и 20.3% при применении тебуконазола с экстрактом корней солодки в соотношении 1 : 1 0 и на 21.9 и 22.7% – тебуконазола с экстрактом корней солодки в соотношении 1:5, в вариантах с раксиллом показатель повысился на 7.0 и 10.2%. Крупность зерна в вариантах тебуконазол: экстракт солодки (1 : 10) также повышалась на 8.6 и 8.9%, тебуконазол:экстракт солодки (1 : 5) – на 9.4 и 10.8%, что было больше, чем в вариантах применения раксилла (3.0 и 6.5%). В результате сбор зерна пшеницы в вариантах применения композиций тебуконазола с экстрактом корней солодки возрастал (рис. 2).

В 2018 г. сбор зерна с защищенных супрамолекулярными комплексами тебуконазола посевов превысил контроль на 0.55, 0.69, 0.67, 0.79 т/га (или на 9.6, 12.1, 11.6, 13.9%). Аналогичные прибавки в варианте с протравливанием семян коммерческим фунгицидом раксил КС с нормой расхода 0.5 и 0.25 л/т были меньше – 0.21 и 0.41 т/га, или 3.7 и 7.2%. В 2019 г. рост урожайности в опытных вариантах составил 0.49 и 0.55 т/га (или 10.7 и 12.0%) и 0.52 и 0.56 т/га (или 11.4 и 12.3%). В вариантах с использованием коммерческого протравителя урожайность увеличилась на 0.29 и 0.45 т/га (или на 6.3 и 9.8%). И в среднем за 2 года зерновая продуктивность защищенной фунгицидными комплексами пшеницы возрастала на 0.52 и 0.62 т/га (тебуконазол : экстракт корней солодки (1 : 10) в норме расхода 0.3 и 0.15 кг/т) и 0.59 и 0.68 т/га (тебуконазол : экстракт корней солодки (1 : 5) в норме расхода 0.15 и 0.075 кг/т), что было соответственно в 2.08–2.48 и 2.36–2.72 раза больше, чем при обработке семян раксиллом с рекомендуемой (0.5 л/т) нормой расхода препарата.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, выявлена высокая эффективность супрамолекулярных комплексов тебуконазола с экстрактом корней солодки в подавлении развития обыкновенной корневой гнили на растениях мягкой яровой пшеницы. Обработка семян разработанными комплексами оказывала влияние на формирование всходов растений пшеницы, увеличивая густоту стояния растений на 13.0 и 6.0% при применении комплекса тебуко-

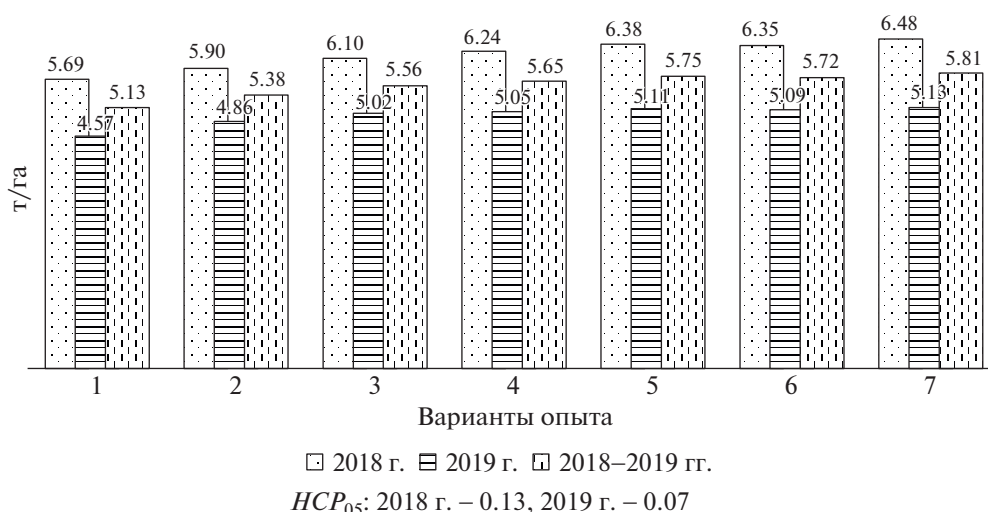


Рис. 2. Влияние обработки семян комплексами тебуконазола с экстрактом корней солодки на урожайность яровой пшеницы, т/га.

назол с экстрактом корней солодки (1 : 10) с нормой расхода 0.3 и 0.15 кг/т семян и на 8.8 и 8.4% в вариантах тебуконазол:экстракт корней солодки (1 : 5) с нормой расхода 0.15 и 0.075 кг/т, а также на выживаемость растений к уборке урожая соответственно на 10.6 и 11.4, 10.9 и 10.1%. Из обработанных фунгицидными комплексами семян формировались растения с улучшенными относительно контроля показателями структуры урожая. Длина главного колоса в вариантах тебуконазол : экстракт солодки (1 : 10) с нормой расхода 0.3 и 0.15 кг/т увеличивалась на 9.4 и 11.2%, тебуконазол:экстракт солодки (1 : 5) с нормой расхода 0.15 и 0.075 кг/т – на 10%, количество колосков в главном колосе – на 8.4–8.3 и 9.2–8.9%, массы зерна главного колоса пшеницы – на 17.2–20.3% и 21.9–22.7%, крупность зерна – на 8.6–8.9%, и 9.4–10.8% соответственно. В итоге сбор зерна повысился при применении тебуконазола с экстрактом корней солодки в соотношении 1 : 10 с нормой расхода 0.3 кг/т – на 10.1%, с нормой расхода 0.15 кг/т – на 12.1%, тебуконазола с экстрактом корней солодки в соотношении 1:5 с нормой расхода 0.15 кг/т – на 11.5%, с нормой расхода 0.075 кг/т – на 13.3%, в варианте с применением препарата раксил, КС с нормой расхода 0.5 кг/т – на 4.9%, с нормой расхода 0.25 кг/т – на 8.4%. Результаты испытаний инновационных супрамолекулярных комплексов тебуконазола с экстрактом корней солодки показали эффективность их применения для предпосевной обработки семян яровой пшеницы в пониженных нормах расхода, что уменьшало расход действующего вещества тебуконазола примерно в 2 раза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Илларионов А.И.* Экотоксикология пестицидов: Учеб. пособ. Воронеж: ВОВГАУ, 2016. 262 с.
2. *Лавринова В.А., Чекмарев В.В., Гусев И.В.* Общие принципы развития исследований по защите зерновых культур от болезней в Тамбовской области // *Земледелие*. 2018. № 1. С. 27–31.
3. *Захаренко В.А.* Нанофитосанитария – научное направление, объединяющее нанотехнологию и современную защиту растений. Ч. 1. Общая концепция // *Агрохимия*. 2011. № 3. С. 3–16.
4. *Массалимов И.А., Удовенко И.Ф., Куреева М.С., Выхарева И.Н.* Применение водных серосодержащих композиций в качестве средств защиты растений // *Башкир. хим. журн.* 2006. Т. 13. № 4. С. 97–100.
5. *Banik S., Pérez-de-Luque A.* In vitro effects of copper nanoparticles on plant pathogens, beneficial microbes and crop plants // *Span. J. Agricult. Res.* 2017. V. 15. Iss. 2. e1005.
6. *Mishra S., Singh B.R., Singh A., Keswani C., Naqvi A.H.* Biofabricated silver nanoparticles act as a strong fungicide against *Bipolaris sorokiniana* causing spot blotch disease in wheat // *PLoS ONE*. 2014. 9(5): e97881.
7. *Тепляков Б.И.* Обыкновенная корневая гниль яровой пшеницы на черноземах в лесостепной зоне Западной Сибири. Новосибирск: Новосибирск-ГАУ, 2012. 122 с.
8. *Acharya K., Dutta A.K., Pradhan P.* *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoem.: the most destructive wheat fungal pathogen in the warmer areas // *Austr. J. Crop Sci.* 2011. № 5(9). P. 1064–1071.
9. *Iftikhar S., Asad S., Munir A., Sultan A., Ahmad I.* Hosts of *Bipolaris sorokiniana*, the major pathogen of spot blotch of wheat in Pakistan // *Pakistan J. Bot.* 2009. № 41(3). P. 1433–1436.
10. *Valjavec-Gratian M., Steffenson B.J.* Genetics of virulence in *Cochliobolus sativus* and resistance in barley // *Phytopathology*. 1997. № 87. P. 1140–1143.

11. *Wtsniewska H., Wakulinski W., Chelkowski J.* Susceptibility of barleys to *Bipolaris sorokiniana* seedling blight determined by disease scoring and electrolyte leakage // *Phytopathology*. 1998. № 146. P. 563–566.
12. *Санин С.С.* Фитосанитарные проблемы семеноводства зерновых культур // *Защита и карантин растений*. 2010. № 5. С. 22–24.
13. *Губарева Н.С.* Эффективность предпосевной обработки семян ячменя против корневой гнили в Восточном Казахстане // *Земледелие*. 2013. № 1. С. 41–42.
14. *Байбакова Е.В., Нефедьева Е.Э., Белопухов С.Л.* Исследование влияния современных протравителей на всхожесть и рост проростков зерновых культур // *Изв. вузов. Прикл. хим. и биотехнология* 2016. Т. 6. № 3. С. 57–64.
15. *Магфуров А.Р., Зиганшин А.А.* Эффективность различных протравителей семян // *Агрехим. вестн.* 2009. № 5. С. 19–20.
16. *Белицкая М.Н., Грибуст И.Р., Байбакова Е.В., Нефедьева Е.Э., Шайхиев И.Г.* Исследование и сравнительный анализ действующих веществ современных протравителей зерновых культур // *Вестн. технол. ун-та*. 2015. Т. 18. № 9. С. 32–36.
17. *Asrar J., Ding Y., La Monica R.E., Ness L.C.* Controlled release of tebuconazole from a polymer matrix micro-particle: release kinetics and length of efficacy // *J. Agric. Food Chem.* 2004. № 52. P. 4814–4820.
18. *Volova T.G., Prudnikova S.V., Zhila N.O.* Fungicidal activity of slow-release P(ЗНВ)/ТЕВ formulations in wheat plant communities infected by *Fusarium moniliforme* // *Environ. Sci. Pollut. Res.* 2018. V. 25. № 1. P. 552–561.
19. *Спиридонов Ю.Я., Халиков С.С.* Разработка экологически безопасных протравителей с уникальными физико-химическими, технологическими и протекторными свойствами // *Агрехимия*. 2019. № 1. С. 42–47.
20. *Метелева Е.С., Евсеенко В.И., Теплякова О.И., Халиков С.С., Поляков Н.Э., Апанасенко И.Е., Душкин А.В., Власенко Н.Г.* Нанопестициды на основе супрамолекулярных комплексов тебуконазола для обработки семян злаковых культур // *Хим. в интересах устойчив. развития*. 2018. № 3(26). С. 279–294.
21. *Халиков С.С., Душкин А.В., Давлетов Р.Д., Евсеенко В.И.* Создание инновационных фунгицидных средств на основе тебуконазола с привлечением механохимических процессов // *Фундамент. иссл.* 2013. № 10 (Ч. 12). С. 2695–2700.
22. *Халиков С.С., Теплякова О.И., Власенко Н.Г., Халиков М.С., Евсеенко В.И., Душкин А.В.* Применение арабиногалактана для улучшения технологических и биологических свойств протравителей зерновых культур // *Хим. в интересах устойчив. развития*. 2015. Т. 23. № 5. С. 591–599.
23. *Власенко Н.Г., Теплякова О.И., Метелева Е.С., Поляков Н.Э., Халиков С.С., Душкин А.В.* Эффективный препарат для предпосевной обработки семян зерновых культур на основе комплексов тебуконазола с полисахаридами ламинарии // *Усп. совр. естествознания*. 2017. № 12. С. 28–37.
24. *Сорокин О.Д.* Прикладная статистика на компьютере. 2-е изд. Новосибирск, 2012. 282 с.

Supramolecular Complexes of Tebuconazole with Licorice Root Extract – Effective Fungicides to Protect Spring Wheat from Common Root Rot

O. I. Teplyakova^a, N. G. Vlasenko^{a, #}, and A. V. Dushkin^{b, ##}

^a *Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences, p. Krasnoobsk, Novosibirsk region 630501, Russia*

^b *Institute of Solid State Chemistry and Mechanochemistry of the Siberian, Branch of the Russian Academy of Sciences, ul. Kutateladze 18, Novosibirsk 630128, Russia*

[#]*E-mail: vlas_nata@ngs.ru*

^{##}*E-mail: solid@nsc.ru*

The high efficacy of the supramolecular complexes of tebuconazole with a complexing agent, the carrier substance glycyrrhizic acid and its derivatives, the most important components of licorice roots contained in their aqueous extract, in suppressing the development of common root rot on soft spring wheat plants, has been shown. Self-associated guest-host complexes showed the effectiveness of their use for presowing treatment of spring wheat seeds in the consumption rates of the existing synthetic fungicide tebuconazole reduced by more than 2 times, which provided increased plant density, plant survival for harvesting, indicators of spike structure and harvest grain of soft spring wheat.

Key words: spring soft wheat, common root rot, complexes of tebuconazole with components of ural licorice root extract, productivity indicators, grain yield.