

УДК 632.952:633.11“321”

## ВЛИЯНИЕ ПРЕПАРАТИВНЫХ ФОРМ ТЕБУКОНАЗОЛА НА ФИТОСАНИТАРНОЕ СОСТОЯНИЕ ОБРАБОТАННЫХ СЕМЯН, РОСТ И РАЗВИТИЕ ПРОРОСТКОВ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ<sup>1</sup>

© 2022 г. С. С. Халиков<sup>1,\*</sup>, О. И. Теплякова<sup>2,\*\*</sup>, Н. Г. Власенко<sup>2,\*\*\*</sup>

<sup>1</sup>Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова РАН  
119991 Москва, ГСП-1, ул. Вавилова, 28, Россия

<sup>2</sup>Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН  
630501 Новосибирская обл., пгт. Краснообск, Россия

\*E-mail: salavatkhalikov@mail.ru

\*\*E-mail: tepol@ngs.ru

\*\*\*E-mail: vlas\_nata@ngs.ru

Поступила в редакцию 08.10.2021 г.

После доработки 08.11.2021 г.

Принята к публикации 15.11.2021 г.

Комплексная защита растений от болезней, вредителей и сорняков – важнейший элемент агротехнологии. Использование фунгицидов важно не только для повышения урожайности растений, но и для получения урожая высокого качества. Значительное распространение таких болезней, как фузариоз пшеницы, ржавчина пшеницы и ржи, спорынья ржи и др., не только снижает урожайность сельскохозяйственных культур, но и препятствует использованию зерновых культур как для человека, так и для кормов животным. Поэтому очень актуальна проблема создания как новых препаратов для защиты растений, так и их эффективных рецептур. Особенностью современного уровня научных исследований в области защиты растений является разработка новых наноразмерных форм средств защиты растений с удобной и технологичной формой применения для фермеров, улучшенным проникновением действующего вещества в ткани растений, с уменьшенным расходом норм применения, а также с использованием комплексов с биологическими добавками и химическими индукторами. Нанопестициды на основе природных метаболитов изучали как экологически и экономически устойчивые альтернативы для защиты растений. Это исследование направлено на разработку альтернативных рецептур (микрокапсул, наносуспензий и микроэмульсий) для обработки семян пшеницы от патогенных микроорганизмов и оценки их биологической активности. Результаты исследования выявили высокую активность разработанных препаратов в отношении патогенной микрофлоры с низким ретардантным действием.

**Ключевые слова:** тебуконазол, растительные метаболиты, препаративные формы, биологическая эффективность.

**DOI:** 10.31857/S0002188122020065

### ВВЕДЕНИЕ

Одними из основных факторов, влияющих на уровень урожайности и качества зерна пшеницы, являются технологии возделывания и разработка эффективной системы защиты растений от болезней и вредителей [1]. Для оперативного контроля фитосанитарной ситуации требуется применение фунгицидной защиты, что позволяет стабилизировать получение зерна пшеницы хорошего качества [2]. Для борьбы с почвенно-семенными инфекциями изучают возможности исполь-

зования пестицидов с лучшим проникновением действующего вещества (ДВ) в растительные ткани, пониженных их норм расхода, новых модификаций препаративных форм, биофунгицидов, природных биополимеров и экстрактов, комплексов с биологическими и химическими индукторами [3–11].

Основную роль в защите зерновых культур от ранне-сезонных болезней и вредителей играет протравливание семян [12], т.к. оно наиболее эффективно обеспечивает защиту проростка на первых этапах его развития от болезней, экономично и экологически безопасно и поэтому позволяет получить плотный и здоровый стеблестой – глав-

<sup>1</sup> Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ.

ный и решающий фактор запланированной урожайности. Такой ответственный подход к протравливанию семян объясняется тем, что семена являются жизненно важным вкладом в устойчивый рост сельского хозяйства, поскольку более 90% продуктов питания выращиваются из семян [13]. Протравливание семян можно проводить различными методами – физическими, химическими или биологическими, которые используют не только для дезинфекции семян, но это позволяет контролировать болезни и вредителей во время прорастания, появления всходов и раннего роста растений [14]. Надо отметить, что такая обработка семян пестицидами – один из самых экологически чистых способов их использования [15].

Наблюдаемые эпифитотии в посевах сельскохозяйственных культур свидетельствуют о необходимости постоянного поиска новых и совершенствования известных средств защиты растений [16]. К таким многообещающим препаратам относятся производные триазола, которые, распространяясь через межклеточное пространство, одновременно подавляют биосинтез стирола в клеточных мембранах и размножение грибов, а также уничтожение конидий и спор паразитических грибов в начальной фазе их развития и при обнаружении спор на поверхности семян [17]. Также триазольные фунгициды при обработке семян зерновых влияют на рост и развитие проростков, уменьшая длину coleoptilia, первого листа и междоузлий, а также влияют на развитие корневой системы, уменьшение количества первичных корней и т.п. [18, 19]. Поэтому очень важно использовать инновационные фунгицидные составы, особенностями которых являются ростстимулирующее действие на растения и высокая эффективность против семенных инфекций. На сегодняшний день протравители, представленные на рынке российских средств защиты растений, отличаются не только по количеству и составу действующих веществ, но и по препаративной форме. Традиционной формой для протравителей основных мировых производителей служит концентрат суспензии (КС), где размер частиц действующего вещества в препаратах составляет от 2 до 5 мкм. В компании АО «Шелково–Агрохим» разработана новая препаративная форма протравителей Туарег – супсомикроэмульсия (СМЭ), представляющая собой гибрид 2-х форм – концентрата суспензии и микроэмульсии. Размер частиц действующих веществ фунгицидной части (тебуконазол (ТБК) и имидаклоприд) препарата составляет <0.1 мкм, а размер частиц действующего вещества инсектицида

(имидаклоприда) – такой же, как у суспензионной формуляции (2–5 мкм) [20]. По результатам испытаний было установлено, что форма Туарег, СМЭ лучше проникала во внутренние слои семени, чем форма в виде концентрата суспензии (препарат Эталон, КС), и разница в биологической эффективности этих препаратов составила 9.1–12.4%.

Препараты на основе ТБК, полученные методом его механохимической модификации с полисахаридами [21] в виде твердых дисперсий (ТД) и обладающие более высокой водорастворимостью, проявляли высокую фунгицидную активность против возбудителей корневой гнили (*Helminthosporium* spp., *Fusarium* spp.) и других видов грибов (в частности, *Penicillium* spp.) при более низких нормах расхода тебуконазола по сравнению с применяемыми на практике препаратами (например, Раксил КС или Раксил-Ультра). При этом препараты были не только экономически более выгодными, но и менее токсичными. Образующие в воде из этих ТД супрамолекулярные комплексы способны успешно регулировать численность конидий патогена в ризосфере зерновых культур, выращиваемых в условиях центрально-лесостепного агроландшафтного района Западной Сибири на черноземе выщелоченном [22].

Препаративные формы ТБК в виде суспензионных концентратов [23], полученные без использования традиционных структурообразующих и формообразующих компонентов, показали синергизм биологических свойств, проявлявшихся в ускорении роста растений и длины их корневой системы, снижении развития семенных болезней, а также перспективность использования таких форм ТБК.

Учитывая собственные данные о свойствах суспензионных форм ТБК [23], изучение факторов, влияющих на проникновение протравителей через растительные мембраны в присутствии полисахаридов [24], а также литературные данные [20] об инновационных препаративных формах, были получены альтернативные препаративные формы ТБК в виде микрокапсул, микроэмульсий и наносуспензий, которые на российском рынке занимают основные позиции [25]. Например, коммерческие тебуконазолсодержащие фунгициды, рекомендуемые для контроля фитопатогенов (возбудители *Bipolaris sorokiniana* Shoem., грибы *Fusarium* и *Alternaria* spp.), поражающих семена, корни и наземные органы, способны обеспечивать высокий уровень защиты [26, 27]. Вместе с тем, тебуконазол, входящий в состав эффективных двух-, трехкомпонентных препаратов [28],

в условиях лабораторного эксперимента оказывал слабое влияние на конидиогенез *Bipolaris* и *Fusarium* spp. [29]. В качестве альтернативы коммерческим препаратам рассматриваются наноструктурированные формы тебуконазола [21, 30]. Созданы нанофунгицидные комплексы, вызывающие полное ингибирование прорастания конидий *Bipolaris sorokiniana* Shoem. [31]. Изучают контролируемые способы высвобождения тебуконазола из полимерных матриц [10, 32, 33]. С целью снижения количества ДВ без снижения его биодоступности разрабатывают наноэмульсии тебуконазола [34]. Помимо своего основного целевого воздействия тебуконазол способен вызывать рострегулирующее воздействие на растение-хозяина и воздействует на механизмы холодо- и морозоустойчивости злаков [35, 36].

Цель работы – разработка методов получения альтернативных препаративных форм в виде микрокапсул, микроэмульсий и наносуспензий на основе ТБК и изучение воздействия этих форм на фитосанитарное состояние семян, рост и развитие проростков яровой мягкой пшеницы, формирующихся из обработанных ими зерновок.

#### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

В работе использовали тебуконазол (ТБК) – [(RS)-1p-хлорфенил-4,4-диметил-3-(1H-1,2,4-триазол-1-ил-метил) пентан-3-ил] – системный фунгицид, используемый для обработки семян зерновых культур. Относится к триазолам 3-го поколения, проявляет системное действие, эффективен в борьбе с фитопатогенами, передающимися с семенами. Хорошо растворяется в органических растворителях, плохо – в воде. Не гидролизует при pH от 4.0 до 9.0, умеренно опасный [37]; натриевую соль карбоксиметилцеллюлозы (Na-КМЦ) марки SEKOL 700 фармакопейной чистоты [38]; экстракт солодки (ЭС) – сухой мелкодисперсный порошок от светло- до темно-коричневого цвета с содержанием глицирризиновой кислоты 24.9% производства ООО “Вистерра” Алтайский край (Декларация соответствия TCN RU Д-RU.AF96.B.00958) [39]; натрия диоктилсульфосукцинат (ДОССН) с содержанием основного вещества 96% (Acrgas Organics, Нью-Джерси, США) – мелкодисперсный, гигроскопичный порошок со слегка горьким, мыльным вкусом и запахом октанола. В РФ разрешено его использование в качестве эмульгатора и детергента [40].

Получение микрокапсул ТБК проводили по методике [41]: 1.0 г ТБК растворили в 10.5 г ДМФА и полученный раствор диспергировали в колбу из суспензии, полученной из 3.0 г Na-

КМЦ, 20.0 г этилацетата и 1.0 г Твина-80 при перемешивании на роторной мешалке со скоростью 300 об./мин. Далее в полученную систему прилили 15.6 г метанола и 10.0 г дистиллированной воды. Диспергирование продолжали при скорости 350 об./мин в течение 1 ч. Выпавшие при этом кристаллы отфильтровали и сушили в эксикаторе над безводным сульфатом кальция при пониженном давлении. После сушки в течение 24 ч получили 3.10 г (выход 78%) микрокристаллов ТБК в виде белого сыпучего порошка состава ТКБ : Na-КМЦ = 1 : 3.

Получение микроэмульсии ТБК проводили по методике [42]: в трехгорловую реакционную колбу (объем 1 л) залили из стакана приготовленную органическую фазу, состоящую из 20.0 г ТБК и смеси 20.0 г ДМФА, 20.0 г циклогексанона и 15.0 г ПАВ (Твин-80). Смесь в колбе нагревали при 40°C в течение 10 мин. Затем при перемешивании в органическую фазу добавляли водную фазу из 12.0 г пропиленгликоля и 22.0 г дистиллированной воды, затем смесь выдерживали 30 мин. Полученный препарат представлял собой прозрачную, слегка желтоватую жидкость массой 96.6 г (выход 97.6%) с содержанием 20.0% ТБК.

Получение наносуспензии проводили по собственной методике, описанной в работе [23]: в металлический барабан (объем 800 мл) валковой мельницы LE-101 загрузили 20.0 г ТБК, 76.0 г экстракта солодки (ЭС) и 30 г металлических шаров (диаметр 25 мм). Проводили механообработку смеси в течение 30 мин для получения однородной смеси при модуле 1 : 16, объеме загрузки 60% и скорости вращения барабана 60 об./мин. Затем в полученную смесь добавили 4.0 г эмульгатора ДОССН и продолжили механообработку еще в течение 30 мин. В барабан загрузили 48.0 г дистиллированной воды и готовили суспензию при перемешивании в течение 60 мин. Полученную суспензию отделили от металлических шаров через сито и получили 95.0 г (выход 95%) текучей суспензии ТКБ с содержанием 20% ТБК.

Испытание препаративных форм тебуконазола (ТБК) проводили в лабораторных условиях: было заложено 3 эксперимента с использованием откалиброванных по размеру семян (масса 1000 зерен = 39.8 г) яровой мягкой пшеницы Новосибирская 31. Все опыты включали 9 вариантов: 1 – контроль; без обработки семян фунгицидами, 2 и 3 – обработка семян коммерческим фунгицидом Раксил, КС, норма расхода 0.5 и 0.25 л/т, 4 и 5 – обработка семян микрокапсулами ТБК на основе Na-КМЦ, 1 : 3, 25%, норма расхода 0.5 и 0.25 кг/т, 6 и 7 – обработка семян наносуспензией ТБК на основе ЭС и ПАВ, 6.7%, норма расхода 0.5 и

0.25 л/т, 8 и 9 – обработка семян микроэмульсией ТБК, 20%, норма расхода 0.5 и 0.25 л/т. Обработку семян проводили с увлажнением (10 л  $H_2O$ /т). После обработки семена выдерживали в пластиковых сосудах 6 сут, после чего их использовали в запланированных экспериментах.

В опыте 1 изучали фитосанитарное состояние обработанных ТБК семян, пораженность сформировавшихся проростков, их рост и развитие. Условия проведения опыта: зерновки закладывали в рулоны фильтровальной бумаги, проращивание проводили в течении 10 сут (5 сут –  $t = 26^\circ C$ , термостат, 5 сут – в комнатных условиях, при естественном освещении,  $t = 20^\circ C$ , постоянной влажности). В конце эксперимента определяли зараженность семян, число нормально сформировавшихся проростков, их число с пораженными корнями и прикорневой зоной, учитывали показатели роста (высоту проростка, число корней, длину главного корня, биомассу).

В опыте 2 определяли наличие и силу рогрессирующих эффектов препаративных форм ТБК, примененных в качестве фунгицида-протравителя. Условия проведения опыта: метод влажной камеры. Зерновки помещали на влажное ложе (фильтровальная бумага, 4 слоя = ФБ-субстрат) в пластиковые чашки ( $n = 40$ ), при  $t = 20^\circ C$ , естественном освещении. В ночное время суток чашки с семенами накрывали пластиковыми колпаками. Определяли динамику энергии прорастания (на 1-, 2-, 3-и сут), всхожесть (через 7 сут). Показатели роста фиксировали на 3-и сут (суммарную длину корней 1-го проростка, высоту проростка) и 7-е сут (число корней 1-го проростка, высоту проростка, общую биомассу корней 1-го проростка, 1-го корня и проростка).

В опыте 3 изучено воздействие препаративных форм ТБК на рост и развитие проростков яровой мягкой пшеницы, формирующихся из обработанных ими зерновок в почвенном субстрате. Условия проведения опыта: зерновки выращивали в почвенном субстрате (чернозем выщелоченный, 500 г/пластиковую чашку/40 шт. зерновок), покрытом однослойной марлей, при  $t = 20^\circ C$  естественном освещении, контролируемой влажности почвы. В ночное время суток чашки с семенами, как и в опыте 2, накрывали пластиковыми колпаками. Наблюдения за ростом и развитием проростков проводили в течение первых 7-ми сут. Определяли энергию прорастания, всхожесть, высоту проростка, биомассу проростков, отмечали наличие симптомов поражения прикорневой и корневой части проростка.

Статистическая обработка данных выполнена с помощью программ Statistica 7.0 и Excel 13.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные альтернативные препаративные формы в виде микрокапсул, микроэмульсий и наносупензий легко образовывали рабочие растворы для протравливания семян, обладали высоким адгезионным сродством к обрабатываемым семенам и проникающей способностью в зерна пшеницы, что ожидаемо должно было сказаться и на их биологической активности.

*Изучение воздействия обработки семян препаративными формами тебуконазола на фитосанитарное состояние зерновок, рост и развитие проростков яровой мягкой пшеницы.* Проведенная фитозащита показала высокую фунгицидную активность исследованных препаративных форм ТБК (табл. 1). Их использование в качестве протравителей семян привело к снижению комплексной зараженности в 1.8–5.5 раза (зараженность семян в контроле достигала 84.9%). Максимальный фитосанитарный эффект был получен в варианте применения наносупензии ТБК с нормой расхода 0.5 л/т. Этот препарат подавлял на 100% гелиминтоспориозно-фузариозную инфекцию и на 68.6–35.6% – альтернариозную, что было возможно из-за наличия в составе наносупензий природного сапонина (ЭС) и эмульгатора (ДСН), которые, взаимодействуя с растительными мембранами, способствовали лучшему проникновению ТБК в растительную клетку, аналогично [43]. Закладка семян в рулоны фильтровальной бумаги показала высокую биологическую эффективность испытанных форм ТБК против основного возбудителя обыкновенной корневой гнили *B. sorokiniana*, которая в 4-х из 6-ти вариантов (наносупензия ТБК, 0.5 и 0.25, микрокапсулы ТБК, 0.25, микроэмульсия ТБК, 0.25) достигала 100%, в 2-х вариантах (микроэмульсия ТБК, 0.5 и микрокапсулы ТБК, 0.5) была равна 80.5 и 64.8% соответственно. Коммерческий фунгицид (Раксил, КС, 0.5 и 0.25 л/т) подавлял *B. sorokiniana* на 100%. Грибы *Fusarium* spp. полностью не контролировались как Раксилем, КС 0.5 и 0.25 л/т (биологическая эффективность = 19.1 и 77.8%), так и двумя изученными препаративными формами ТБК (микрокапсулами с нормой расхода 0.25 кг/т и микроэмульсией 0.5 л/т (81.9 и 62.7%)).

Все препараты эффективно защищали корневую систему (биологическая эффективность применения микрокапсул ТБК, 0.5 и 0.25–83.3 и 100%, наносупензии ТБК, 0.5 и 0.25–100 и 92.5, микроэмульсии ТБК, 0.5 и 0.25–94.9 и 95.2%), и

**Таблица 1.** Эффективность протравливания семян препаративными формами тебуконазола (проращивание в рулонах фильтровальной бумаги)

Вариант	Зараженность семян, %						У нормально сформировавшихся проростков поражены, %	
	<i>B. sorokiniana</i>	<i>Fusarium</i> spp.	<i>Alternaria</i> spp.	<i>Penicillium</i> spp.	Бактериоз	Всего	прикорневая часть проростков	корни
Контроль	26.7	9.4	48.8	0	0	84.9	44.4	68.1
Раксил, 0.5	0	7.6	32.5	0	0	40.1	27.3	4.2
Раксил, 0.25	0	2.0	53.1	0	0	55.1	21.5	9.8
Микрокапсулы ТБК, 0.5	9.4	0	28.7	0	0	38.1	27.1	11.4
Микрокапсулы ТБК, 0.25	0	1.7	45.6	0	0	47.2	22.6	0
Наносуспензия ТБК, 0.5	0	0	15.3	0	0	15.3	0	0
Наносуспензия ТБК, 0.25	0	0	31.0	0	0	31.0	12.1	5.1
Микроэмульсия ТБК, 0.5	5.2	3.5	15.5	0	0	24.2	5.2	3.5
Микроэмульсия ТБК, 0.25	0	0	40.0	0	0	40.0	21.7	3.3

этот фитосанитарный эффект не уступал таковому, полученному при обработке семян коммерческим фунгицидом Раксил, 0.5 и 0.25 л/т – 93.8 и 85.6%. Самый высокий уровень защиты прикорневой части проростков обеспечивала обработка семян наносуспензией и микроэмульсией ТБК с нормой расхода 0.5 л/т. В первом случае биологическая эффективность составила 100, во втором – 88.3%. И если такой результат для наносуспензий уже был ожидаем из-за наличия ЭС и ДДСН как ПАВ, способствовавших улучшению проникновения ТБК через растительные мембраны, то для микроэмульсий это можно объяснить наличием в их составе растворителей, (ДМФА, пропиленгликоля), способствовавших увеличению растворимости ТБК и улучшению его прохождения через клеточные оболочки [44]. Сниженная норма расхода наносуспензии ослабляла эффект защиты до 72.7%, микроэмульсии – до 51.1%. При обработке семян пониженной нормой расхода коммерческого фунгицида частота встречаемости проростков с пораженной прикорневой зоной не возрастала (биологическая эффективность равна 38.5 и 51.6%).

В опытных вариантах повышалось количество нормально сформировавшихся проростков (табл. 2). Максимальное и независимое от нормы расхода препарата увеличение (на 21.4 и 23.3%) достигалось обработкой семян микроэмульсией ТБК. В вариантах применения микрокапсул ТБК и наносуспензии ТБК развитие проростков определяла величина нормы расхода. Ее снижение повышало

количество нормально развитых проростков с 15.2 до 21.4% (микрокапсулы ТБК) и с 8.0 до 16.3% (наносуспензия ТБК).

Вместе с тем, в процессе фитоэкспертизы выявлено, что помимо основных (фунгицидных) свойств препаративные формы ТБК оказывали влияние на рост и развитие растения. Их положительное влияние проявилось в формировании корней и накоплении биомассы, отрицательное – на высоту проростка и длину корней. У проростков пшеницы, сформировавшихся из обработанных микрокапсулами ТБК семян, число корней возрастало на 6.9 и 9.4, наносуспензией и микроэмульсией – на 10.3 и 10.3, 9.2 и 10.3% соответственно. Лучший стимулирующий эффект оказывали пониженные нормы расхода ДВ. Его негативное воздействие проявлялось в уменьшении высоты проростков и угнетении роста корней. Снижение высоты проростков вызывала обработка семян наносуспензией (на 3.8 и 1.7%) и микроэмульсией ТБК, 0.5 л/т (на 8.6%). В 5-ти вариантах угнетался рост корней: длина главного корня уменьшалась на 2.5% при использовании микрокапсул ТБК 0.25, на 8.2 и 7.9% – наносуспензии ТБК, на 3.7 и 3.9% – микроэмульсии ТБК. Но все защищенные проростки накапливали большую, чем в контроле, биомассу (на 17 и 69% – при использовании микрокапсул ТБК, на 47 и 50% – наносуспензии ТБК, на 72 и 75% – микроэмульсии ТБК). При использовании Раксила, 0.5 и 0.25 л/т показатель увеличивался на 40 и 64%.

**Таблица 2.** Показатели роста и развития проростков, сформировавшихся из семян, обработанных препаративными формами тебуконазола (проращивание в рулонах фильтровальной бумаги)

Вариант	Проросших нормально, %	Число корней, шт./проросток	Длина главного корня	Высота проростка
			см	
Контроль	71.7	4.35	17.8 ± 0.4	14.6 ± 0.3
Раксил, 0.5	96.2	4.75	17.1 ± 0.2	12.7 ± 0.2
Раксил, 0.25	80.6	4.45	18.7 ± 0.3	14.7 ± 0.4
Микрокапсулы ТБК, 0.5	86.9	4.65	18.3 ± 0.5	14.7 ± 0.4
Микрокапсулы ТБК, 0.25	93.1	4.76	17.3 ± 0.3	15.6 ± 0.3
Наносуспензия ТБК, 0.5	79.7	4.80	16.3 ± 0.4	14.1 ± 0.4
Наносуспензия ТБК, 0.25	88.0	4.80	16.4 ± 0.3	14.4 ± 0.3
Микроэмульсия ТБК, 0.5	93.1	4.75	17.1 ± 0.3	13.3 ± 0.3
Микроэмульсия ТБК, 0.25	95.0	4.80	17.1 ± 0.2	14.6 ± 0.3
Воздушно-сухая биомасса, мг				
	надземной части 1-го проростка	корней 1-го проростка	1-го корня проростка	1-го проростка
Контроль	6.3 ± 0.2	5.0 ± 0.4	1.15	11.3
Раксил, 0.5	7.3 ± 0.2	8.6 ± 0.2	1.81	15.9
Раксил, 0.25	10.5 ± 0.5	8.1 ± 0.4	1.81	18.5
Микрокапсулы ТБК, 0.5	7.0 ± 0.4	6.3 ± 0.3	1.34	13.3
Микрокапсулы ТБК, 0.25	10.4 ± 0.2	8.7 ± 0.2	1.82	19.1
Наносуспензия ТБК, 0.5	10.2 ± 0.2	6.4 ± 0.5	1.33	16.6
Наносуспензия ТБК, 0.25	10.6 ± 0.5	6.5 ± 0.3	1.35	17.0
Микроэмульсия ТБК, 0.5	10.4 ± 0.2	9.0 ± 0.4	1.90	19.4
Микроэмульсия ТБК, 0.25	10.7 ± 0.01	9.1 ± 0.3	1.90	19.8

Выявление наличия и силы ретардантного эффекта у разных препаративных форм тебуконазола, примененных в качестве фунгицида-протравителя семян пшеницы. Препаративные формы ТБК оказывали неоднозначное влияние на динамику прорастания зерновок. Во всех опытных вариантах, как и химическом контроле (Раксил 0.5 и 0.25 л/т – на 12.5 и 37.5%), через 1 сут отмечено снижение количества наклюнувшихся зерновок (на 7.5 и 10.0% – при применении микрокапсул ТБК, на 25.0 и 12.5% – наносуспензии ТБК, на 35.0 и 47.4% – микроэмульсии ТБК) (рис. 1). Спустя 3 сут число нормально сформировавшихся проростков превышало контроль в вариантах применения микрокапсул ТБК, 0.5 и 0.25 – на 7.5 и 10%. Наносуспензия и микроэмульсия ТБК не угнетала прорастание только при снижении нормы расхода. В первом случае энергия прорастания составила 100%, во втором – 95.5%. В целом за 7-суточный период наибольшее тормозящее воздействие оказывала микроэмульсия и наносуспензия ТБК с нормой расхода 0.5 л/т, что было ранее объяснено влиянием растворителей и ПАВ,

включенных в состав микроэмульсии и наносуспензии ТБК [44].

Выявленный в опыте 1 ретардантный эффект проявился еще сильнее при изучении направленности рострегулирующего воздействия препаративных форм ТБК на развитие растения-хозяина на самом раннем этапе органогенеза. Прорастание обработанных зерновок в условиях влажной камеры при рекомендуемой ГОСТ температуре (20°C) значительно тормозилось. Отмечено как пониженное корнеобразование и рост зародышевых корней, так и формирование проростка (табл. 3).

Относительно чистого контроля число корней при применении микрокапсул ТБК уменьшалось на 5.7 и 4.1%, наносуспензии ТБК – на 19.4 и 13.7%, микроэмульсии ТБК – на 18.7 и 17.6%. Ослабление ингибирующего эффекта (в 1.4 раза) со снижением нормы расхода ДВ заметно проявилось при обработке семян наносуспензией ТБК. Микрокапсулы ТБК на основе Na-КМЦ сдерживали рост корней 3-суточных проростков

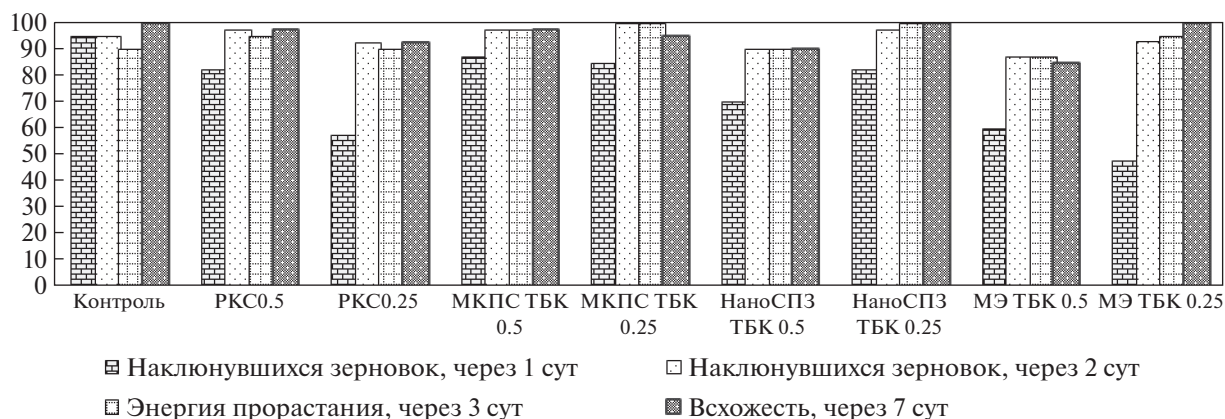


Рис. 1. Влияние препаративных форм тебуконазола на прорастание зерновок яровой пшеницы во влажной камере, %.

слабее (на 10.2 и 9.2% соответственно нормам расхода), нано- и микроэмульсия ТБК – сильнее (на 44.7 и 35.6, 48.6 и 31.6%). Со снижением их норм расхода ретардантный эффект ослабевал в 1.0, 1.25 и 1.53 раза соответственно. Аналогичная направленность прослежена для показателя высоты проростка. Он слабо отличался от контроля при использовании микрокапсул ТБК и значительно – при обработке семян наносуспезией ТБК в обеих нормах расхода (меньше на 47.0 и 29.7%) и микроэмульсии ТБК в норме расхода 0.5 л/т – на 50.3%. На 8-е сут число сформировавшихся корней превышало контроль (4.35 шт./проросток) при использовании обеих норм расхода коммерческого фунгицида Раксил, КС (на 4.8 и 3.2%) и микроэмульсии ТБК (на 7.6 и 3.0%). Микрокапсулы ТБК и его наносуспезия по-прежнему оказывали ретардантный эффект. Наиболее сильное ингибирующее влияние оказала нано-

суспезия, использованная в норме 0.5 л/т. В этом случае количество корней у 7-суточного проростка разнилось с контролем на 7.4% (табл. 4).

Развитие 7-суточных ростков не угнетало только лишь использование микрокапсул ТБК на основе Na-КМЦ. Остальные изученные препараты тормозили развитие проростков не только относительно чистого контроля (на 31 и 21.4% – наносуспезия ТБК, на 24.8 и 10.0% – микроэмульсия ТБК), но и химического эталона (на 16.8 и 9.3% – наносуспезия ТБК, на 19.3 и 7.6% – микроэмульсия ТБК). Накопленная биомасса заметно превысила контроль только при прорастивании зерновок, обработанных микрокапсулами ТБК на основе Na-КМЦ: при их использовании в норме расхода 0.5 л/т возрастала масса проростков (на 10.7%), в норме расхода 0.25 л/т – корней 1-го проростка (на 18%). В остальных вариантах, за исключением наносуспезии ТБК, негативно по-

Таблица 3. Влияние препаративных форм тебуконазола на развитие проростков яровой пшеницы (субстрат – фильтровальная бумага, через 3 сут)

Вариант	Число корней, шт./проросток	Суммарная длина корней 1-го проростка	Средняя длина 1-го корня	Высота проростка
		см		
Контроль	3.86	15.8 ± 0.4	4.10	3.64 ± 0.07
Раксил, 0.5	3.32	9.82 ± 0.30	2.96	2.28 ± 0.10
Раксил, 0.25	3.17	11.0 ± 0.3	3.48	2.82 ± 0.08
Микрокапсулы ТБК, 0.5	3.64	14.2 ± 0.5	3.91	3.56 ± 0.08
Микрокапсулы ТБК, 0.25	3.70	14.4 ± 0.5	3.89	3.54 ± 0.09
Наносуспезия ТБК, 0.5	3.11	8.76 ± 0.39	2.82	1.93 ± 0.10
Наносуспезия ТБК, 0.25	3.33	10.2 ± 0.5	3.06	2.56 ± 0.15
Микроэмульсия ТБК, 0.5	3.14	8.14 ± 0.39	2.59	1.81 ± 0.15
Микроэмульсия ТБК, 0.25	3.18	10.8 ± 0.4	3.41	3.46 ± 0.73



**Таблица 4.** Влияние разных препаративных форм тебуконазола на развитие проростков пшеницы (субстрат – фильтровальная бумага, через 7 сут)

Вариант	Число корней, шт./проросток	Высота проростка, см	Биомасса воздушно-сухая, мг	
			1 проростка	корней 1-го проростка
Контроль	4.35	10.1 ± 0.3	6.25 ± 0.48	6.00 ± 0.41
Раксил, 0.5	4.56	8.40 ± 0.24	5.36 ± 0.39	6.93 ± 0.42
Раксил, 0.25	4.49	9.86 ± 0.26	6.43 ± 0.34	5.93 ± 0.42
Микрокапсулы ТБК, 0.5	4.62	10.7 ± 0.2	6.92 ± 0.08	5.90 ± 0.10
Микрокапсулы ТБК, 0.25	4.34	10.4 ± 0.3	6.31 ± 0.24	7.08 ± 0.35
Наносуспензия ТБК, 0.5	4.03	6.99 ± 0.31	5.25 ± 0.25	5.50 ± 0.29
Наносуспензия ТБК, 0.25	4.43	7.96 ± 0.34	5.75 ± 0.48	5.75 ± 0.48
Микроэмульсия ТБК, 0.5	4.68	7.62 ± 0.37	6.38 ± 0.55	5.25 ± 0.25
Микроэмульсия ТБК, 0.25	4.48	9.11 ± 0.25	7.00 ± 0.41	5.50 ± 0.29

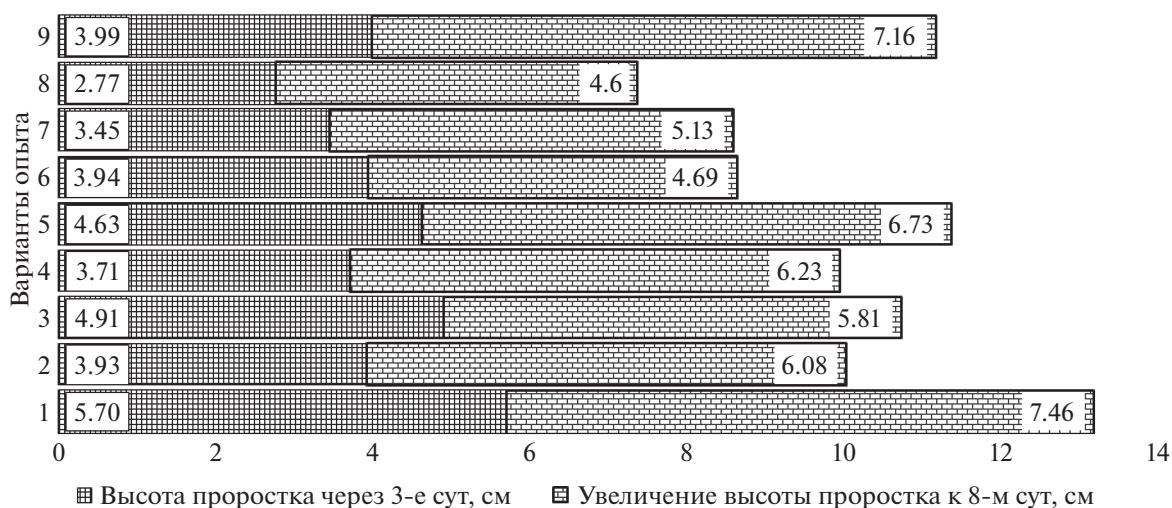
вливавшего на накопление массы проростков, надземная масса сформировалась на уровне чистого контроля, масса корней – ниже такового.

*Изучение воздействия препаративных форм ТБК на рост и развитие проростков яровой мягкой пшеницы, сформировавшихся из обработанных ими зерновок, в почвенном субстрате.* При смене ФБ-субстрата на почвенный интенсивность развития проростков в вариантах опыта различалась и уступала таковой в контроле в обе даты учета (рис. 2).

Высота 3-суточных проростков снижалась на 34.9 и 18.8% при использовании микрокапсул ТБК, на 30.9 и 39.5% – наносуспензии ТБК, на 51.4 и 30.0% – микроэмульсии ТБК, на 31.1 и

13.9% – Раксила; 7-суточных – соответственно на 24.5 и 13.7, 34.4 и 34.8, 44.0 и 15.3, 23.9 и 18.5%. По истечении 7-ми сут биомасса проростков составила в контроле  $18.5 \pm 1.4$  мг, при применении Раксила –  $18.1 \pm 0.9$  и  $20.5 \pm 0.5$  мг, микрокапсул ТБК –  $18.2 \pm 2.0$  и  $24.5 \pm 1.7$  мг, наносуспензии ТБК –  $19.8 \pm 3.7$  и  $14.0 \pm 0.7$  мг, микроэмульсии –  $17.1 \pm 0.4$  и  $18.3 \pm 0.9$  мг. Надземная часть интенсивнее развивалась при проращивании семян, обработанных микрокапсулами ТБК на основе Na-КМЦ, 0.25 кг/т, что было сопоставимо со скоростью роста, отмеченной в варианте с применением пониженной нормы расхода коммерческого фунгицида (рис. 3).

Биомасса проростков, защищенных микрокапсулами ТБК в пониженной норме расхода, достига-



**Рис. 2.** Влияние препаративных форм тебуконазола (ТБК) на прорастание зерновок яровой пшеницы в почвенном субстрате, варианты: 1 – контроль, 2 и 3 – Раксил, КС, 0.5 и 0.25 л/т, 4 и 5 – микрокапсулы ТБК на основе Na-КМЦ, 0.5 и 0.25 кг/т, 6 и 7 – наносуспензия ТБК, 0.5 и 0.25 л/т, 8 и 9 – микроэмульсия ТБК, 0.5 и 0.25 л/т. То же на рис. 3.



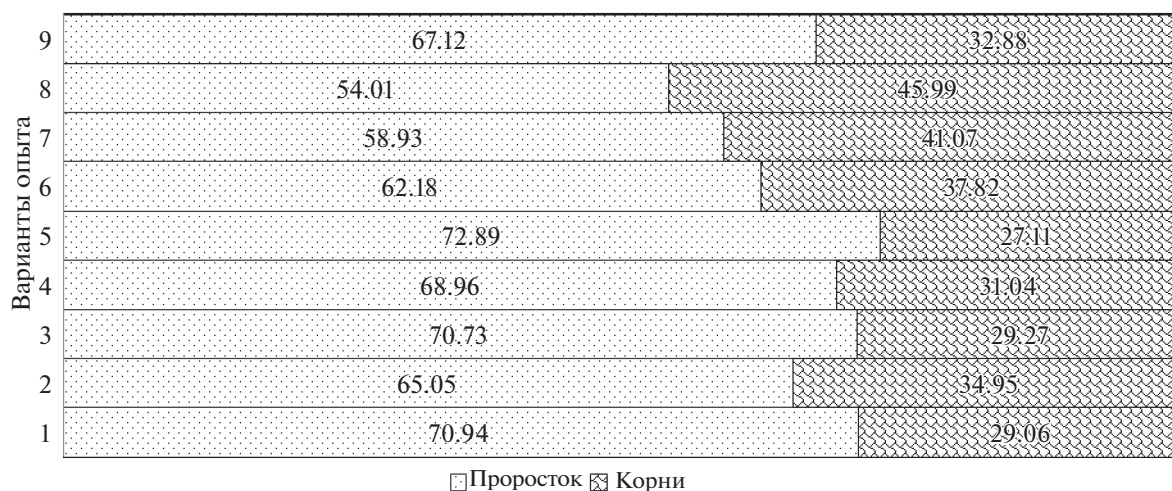


Рис. 3. Соотношение биомассы (воздушно-сухой, %) проросток : корни у проростков пшеницы, выросших из семян, обработанных препаративными формами тебуконазола (субстрат – чернозем выщелоченный, через 7 сут).

ла наибольшей в опыте величины ( $17.8 \pm 1.5$  мг), что было больше чистого контроля и применения Раксила, 0.25 в 1.3 и 1.2 раза соответственно. Корневая система не угнеталась при проращивании зерновок, обработанных микроэмульсией ТБК с нормой расхода 0.5 л/т, на что указывала значительно более высокая (в 1.5 раза), чем в чистом контроле, биомасса корней 1-го проростка. На почвенном субстрате все семена яровой пшеницы, обработанные препаративными формами ТБК, обладали энергией прорастания и всхожестью на уровне ГОСТ. Эти показатели достигали максимума (100%) в случае применения обеих норм расхода микроэмульсии, микрокапсул на основе Na-КМЦ и наносuspension ТБК с пониженной нормой расхода. Симптомы поражения обыкновенной корневой гнилью во всех вариантах не обнаружены.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С целью разработки эффективных фунгицидных протравителей зерновых культур на основе тебуконазола (ТБК) проведены исследования по созданию его альтернативных препаративных форм и приготовлены микрокапсулированная, микроэмульсионная и наносuspensionная формы, которые легко образовывали стабильные рабочие растворы для проведения процесса протравливания семян.

Препараты переданы на биологические испытания. На основании лабораторных исследований сделан вывод, что все изученные препаративные формы тебуконазола обладают высоким фунгицидным свойством против возбудителей

обыкновенной корневой гнили *B. sorokiniana* и *Fusarium* spp. Повышенные нормы расхода ТБК в виде наносuspension и микроэмульсии способны снижать уровень альтернариозной инфекции. Наибольший оздоровительный эффект у проростков яровой пшеницы наблюдали при обработке семян наносuspensionей тебуконазола с нормой расхода 0.5 л/т (100%), несколько меньший (94.9–95.2%) – микроэмульсией. Во всех 3-х экспериментах по изучению обработки семян яровой мягкой пшеницы препаративными формами тебуконазола проявлялись их ретардантные свойства, которые зависели от формы и нормы расхода фунгицида.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Власенко Н.Г. К вопросу об агротехнологиях вообще и фитосанитарных технологиях в частности // Вестн. защиты раст. 2008. № 2. С. 3–10.
2. Кекало А.Ю., Немченко В.В., Заргарян Н.Ю., Филиппов А.С. Фитосанитарные проблемы пшеничного поля и эффективность средств защиты от болезней // Агрохимия. 2020. № 10. С. 45–50.
3. Жемчужин С.Г., Спиридонов Ю.Я., Клейменова И.Ю., Босак Г.С. Нанотехнологии и пестициды (дайджест публикаций за 2011–2017 гг.) // Агрохимия. 2019. № 8. С. 89–96.
4. Захаренко В.А. Нанопитосанитария – научное направление, объединяющее нанотехнологию и современную защиту растений. Ч. 1. Общая концепция // Агрохимия. 2011. № 3. С. 3–16.
5. Малюга А.А., Чуликова Н.С., Халиков С.С. Эффективность инновационных препаратов на основе тебуконазола, тирама и карбендазима против болезнетворной картофеля // Агрохимия. 2020. № 7. С. 57–67.
6. Volova T.G., Prudnikova S.V., Zhila N.O. Fungicidal activity of slow-release P(3НВ)/ТЕВ formulations in

- wheat plant communities infected by *Fusarium moniliforme* // Environ. Sci. Pollut. Res. 2018. V. 25. I. 1. P. 552–561.
7. Перфильева А.И., Ножкина О.А., Граскова И.А., Забанова Н.С., Клименков И.В., Александрова Г.П., Сухов Б.Г. Влияние нанокompозита селена и арабиногалактана на колонизацию растений картофеля *in vitro* возбудителем кольцевой гнили // Изв. Иркут. гос. ун-та. Сер. Биология. Экология. 2020. Т. 32. С. 3–17. <https://doi.org/10.26516/2073–3372.2020.32.3>
  8. El-Sayed S.A., Abdel-Monaim M.F. Integrated control management of root rot disease in lupine plants by using some bioagents, chemical inducers and fungicides // Plant. Sci. Agr. Res. 2017. V. 1. № 1 : 2. P. 1–8.
  9. Perelló A., Gruhlke M., Slusarenko A.J. Effect of garlic extract on seed germination, seedling health, and vigor of pathogen-infested wheat // J. Plant Protect. Res. 2013. V. 53. № 4. С. 317–323. <https://doi.org/10.2478/jppr-2013-0048>
  10. 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. <https://doi.org/10.1021/jf0306385>
  11. Banik S., Pérez-de-Luque A. *In vitro* effects of copper nanoparticles on plant pathogens, beneficial microbes and crop plants // Spanish J. Agricult. Res. 2017. V. 15. I. 2. e1005. <https://doi.org/10.5424/sjar/2017152-10305>
  12. Немченко В.В., Кекало А.Ю., Заргарян Н.Ю., Цыпышева М.Ю. Протравливание семян – первая ступень получения защищенного и продуктивного агроценоза // Защита и карантин раст. 2014. № 3. С. 22–24.
  13. Schwinn F. Seed treatment, progress, and prospects. Proceedings of a symposium organised by the British Crop Protection Council and the Pesticides Group of the Society of Chemical Industry and held at the University of Kent, Canterbury on 5–7 January 1994. Surrey, UK: British Crop Protection Council in Farnham, 1994. 482 p.
  14. Forsberg G., Kristensen L., Eibel P., Titone P., Haiti W. Sensitivity of cereal seeds to short duration treatment with hot, humid air // J. Plant Disease Protect. 2003. V. 110 (1). P. 1–16.
  15. Edgington L.V., Martin R.A., Bruin G.C., Parsons I.M. Systemic fungicides: a perspective after 10 years. Plant Disease. 1980. V. 64 (1). P. 20–23.
  16. Гришечкина Л.Д., Долженко В.И., Кунгурцева О.В., Ишкова Т.И., Здрожевская С.Д. Развитие исследований по формированию современного ассортимента фунгицидов // Агрохимия. 2020. № 9. С. 32–47.
  17. Pontzen R., Scheinpflug H. Effects of triazole fungicides on sterol biosynthesis during spore germination of *Botrytis cinerea*, *Venturia inaequalis* and *Puccinia graminis* f. sp. Tritici // Netherland. J. Plant Pathol. 1989. V. 95. P. 151–160.
  18. Montfort F., Klepper B.L., Smiley R.W. Effects of two triazole seed treatments, triticonazole and triadimenol, on growth and development of wheat // Pest Manag. Sci. 1996. V. 46. P. 299–306.
  19. Korsukova A.V., Gornostai T.G., Grabeinych O.I., Dorofeev N.V., Pobezhimova T.P., Sokolova N.A., Dudareva L.V., Voinikov V.K. Tebuconazole regulates fatty acid composition of etiolated winter wheat seed lings // J. Stress Physiol. Biochem. 2016. V. 12 (2). P. 72–79.
  20. Karakotov S.D., Saraev P.V. Preparative forms of modern pesticides // Adaptively-integrated plant protection. M.: Printing city, 2019. P. 65–76.
  21. Khalikov S.S., Dushkin A.V., Davletov R.D., Evseenko V.I. Creation of innovative fungicidal agents based on tebuconazole with the involvement of mechanochemical processes // Fund. Res. 2013. V. 12 (10). P. 2695–2700.
  22. Теплякова О.И., Власенко Н.Г., Душкин А.В., Халиков С.С. Влияние обработки семян механокомпозициями тебуконазола на накопление спор *Bipolaris sorokiniana* Шоет. в черноземе выщелоченном // Агрохимия. 2018. № 5. С. 33–38. <https://doi.org/10.7868/S0002188118050058>
  23. Vlasenko N.G., Khalikov S.S., Burlakova S.V. Flexible technology of protectants for grain seeds // IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci. 548 082003. P. 10. <https://doi.org/10.1088/1755–1315/548/8/082003>
  24. Selyutina O.Y., Khalikov S.S., Polyakov N.E. Arabinogalactan and glycyrrhizin based nanopesticides as novel delivery systems for plant protection // Environ. Sci. Pollut. Res. 2020. V. 27. P. 5864–5872. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-07397-9>
  25. Karakotov S.D. The Benefits and economic exit of CVS // Inter. Agricult. J. 2015. V. 1. P. 9–14.
  26. Постовалов А.а. Оценка эффективности предпосевной обработки семян яровой пшеницы препаратами в борьбе с корневой гнилью // Вестн. Курган. ГСХА. 2018. № 2. С. 60–62.
  27. Гришечкина Л.Д. Фунгициды на основе тебуконазола в борьбе с фузариозом колоса хлебных злаков // Зерн. хоз-во. 2012. № 4. С. 59–64.
  28. Гришечкина Л.Д., Долженко В.И., Кунгурцева О.В., Ишкова Т.И., Здрожевская С.Д. развитие исследований по формированию современного ассортимента фунгицидов // Агрохимия. 2020. № 9. С. 32–47.
  29. Хижняк С.В. Чувствительность фитопатогенных грибов рр. *Bipolaris* и *Fusarium* к фунгицидам разного химического состава // Вестн. КрасГАУ. 2015. № 12. С. 3–10.
  30. Теплякова О.И., Власенко Н.Г., Душкин А.В. Супрамолекулярные комплексы тебуконазола с веществами экстракта корнев солодки – эффективные фунгициды для защиты яровой пшеницы от обыкновенной корневой гнили // Агрохимия. 2020. № 5. С. 31–37.
  31. Mishra S., Singh B.R., Singh A., Keswani C., Naqvi A.H., Singh H.B. Biofabricated silver nanoparticles act as a strong fungicide against *Bipolaris sorokiniana* causing spot blotch disease in wheat // PLoS ONE. 2014. V. 9 (5). e97881. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0097881>
  32. Volova T., Zhila N., Vinogradova O., Shumilova A., Prudnikova S., Shishatskaya E. Characterization of bio-

- degradable poly-3-hydroxybutyrate films and pellets loaded with the fungicide tebuconazole // Environ. Sci. Pollut. Res. 2016. V. 23 (6). P. 5243–5254. <https://doi.org/10.1007/s11356-015-5739-1>
33. *Shershneva A.V., Murueva A.V., Zhila N.O., Volova T.G.* Antifungal activity of P3HB microparticles containing tebuconazole // J. Environ. Sci. Health. Part B. 2019. T. 54. № 3. P. 196–204.
34. *Díaz-Blancas V., Medina D. I., Padilla-Ortega E., Bortolini-Zavala R., Olvera-Romero M., Luna-Bárceñas G.* Nanoemulsion formulations of fungicide tebuconazole for agricultural applications // Molecules. 2016. V. 21(10). P. 1271. <https://doi.org/10.3390/molecules21101271>
35. *Побезимова Т.П., Корсукова А.В., Дорофеев Н.В., Грабельных О.И.* Физиологические эффекты действия на растения фунгицидов триазольной природы // Изв. вузов. Прикл. хим. и биотехнол. 2019. Т. 9. № 3. С. 461–476. <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2019-9-3-461-476>
36. *Zhang C., Wang Q., Zhang B., Zhang F., Liu P., Zhou S., Liu X.* Hormonal and enzymatic responses of maize seedlings to chilling stress as affected by triazoles seed treatments // Plant Physiol. Biochem. 2020. V. 148. P. 220–223.
37. *Paranjape K., Gowariker V., Krishnamurthy V.N., Gowariker S.* The pesticide encyclopedia. CABI, 2014. 725 p.
38. Продукция компании СРKelco. <http://cpkelco.com/products/cellulosegum>
39. Продукция компании ООО “Вистерра”. <https://altaimag.ru/brands/visterra/?yclid=663881714528189118>
40. *Столбовская Н.В., Зорина А.В., Перельгина И.Э., Ляпун Д.В.* Физико-химические свойства сульфосукцинатов диэтаноламидов некоторых жирных кислот // Конденсированные среды и межфазные границы. 2015. Т. 17. № 4. С. 526–533.
41. Пат. РФ 2522267 (2012). *Быковская Е.Е., Кролевец А.А.* Способ инкапсуляции фенбендазола. Опубл. 10.07.2014.
42. Пат. РФ 2 481 822 (2012). *Севастьянов В.И., Саломатина Л.А., Кузнецова Е.Г., Тихобаева А.А.* Микроэмульсионные композиции для создания трансдермальных и трансмукозальных форм фармацевтических средств и косметических препаратов и способ их получения. Опубл. 20.05.2013.
43. *Selyutina O.Yu., Polyakov N.E., Korneev D.V., Zaitsev B.N.* Influence of glycyrrhizin on permeability and elasticity of cell membrane: perspectives for drugs delivery // Drug Deliv. 2014. P. 1–8. <https://doi.org/10.3109/10717544.2014.919544>
44. Химическая защита растений / Под ред. Груздева Г.С. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Агропромиздат, 1987. 415 с.

## Effect of Preparative Forms of Tebukonazole on Phytosanitary State of Treated Seeds, Growth and Development of Sprouts of Spring Soft Wheat

S. S. Khalikov<sup>a,#</sup>, O. I. Teplyakova<sup>b,##</sup>, and N. G. Vlasenko<sup>b,###</sup>

<sup>a</sup>*A.N. Nesmeyanov Institute of Organoelement Compounds RAS  
ul. Vavilova 28, Moscow, 119991, Russia*

<sup>b</sup>*Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies RAS  
Novosibirsk district, Novosibirsk region, r.p. Krasnoobsk 630501, Russia*

<sup>#</sup>*E-mail: salavatkhalikov@mail.ru*

<sup>##</sup>*E-mail: tepol@ngs.ru*

<sup>###</sup>*E-mail: vlas\_nata@ngs.ru*

Comprehensive protection of plants from diseases, pests and weeds is the most important element of agricultural technology. The use of fungicides is important not only to increase the yield of plants, but also to obtain a high quality harvest. The significant spread of such diseases as wheat fusarium, wheat and rye rust, ergot rye, etc., not only reduces the productivity of agricultural crops, but also prevents the use of grain crops both for humans and for animal feed. Therefore, the problem of creating both new drugs for plant protection and their effective formulations is very urgent. A feature of the modern level of scientific research in the field of plant protection is the development of new nanoscale forms of plant protection products with a convenient and technological form of application for farmers, improved penetration of the active substance into plant tissues, with reduced consumption and application rates, as well as using complexes with biological additives and chemical inductors. Nanopesticides based on natural metabolites have been studied as environmentally and economically sustainable alternatives for plant protection. This research is aimed at developing alternative formulations (microcapsules, nanosuspensions and microemulsions) for treating wheat seeds against pathogenic microorganisms and assessing their biological activity. The results of the study revealed a high activity of the developed drugs against pathogenic microflora with a low retardant effect.

*Key words:* tebuconazole, plant metabolites, formulations, biological effectiveness.