

УДК 621.926.47+668.411+674.032.14+678.029

DOI: 10.15372/KhUR20150513

## Применение арабиногалактана для улучшения технологических и биологических свойств протравителей зерновых культур

С. С. ХАЛИКОВ<sup>1</sup>, О. И. ТЕПЛЯКОВА<sup>2</sup>, Н. Г. ВЛАСЕНКО<sup>2</sup>, М. С. ХАЛИКОВ<sup>3</sup>, В. И. ЕВСЕЕНКО<sup>4</sup>, А. В. ДУШКИН<sup>4</sup>

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

E-mail: salavatkhalikov@mail.ru

<sup>2</sup>Сибирский НИИ земледелия и химизации сельского хозяйства,  
пос. Краснообск, а/я 356, Новосибирская область, Новосибирский район 630501 (Россия)

<sup>3</sup>Научно-биологический центр “Фармбиомед”,  
ул. Сельскохозяйственная, 12-а, Москва 129226 (Россия)

<sup>4</sup>Институт химии твердого тела и механохимии Сибирского отделения РАН,  
ул. Кутателадзе, 18, Новосибирск 630128 (Россия)

### Аннотация

С использованием методов механохимии получены перспективные многокомпонентные композиции препаратов для комплексной защиты растений. Благодаря применению полисахаридов, в частности арабиногалактана (из древесины лиственниц *Larix sibirica* и *Larix gmelinii*), полученные протравители семян на основе тебуконазола характеризуются улучшенными физико-химическими, технологическими и биологическими параметрами. Испытания препаратов в лабораторных условиях свидетельствуют о синергизме биологических свойств, что проявляется в ускорении роста культурного растения, устойчивости корневой системы к болезням и в увеличении урожайности яровой пшеницы при снижении нормы расхода действующих веществ препаратов. Показано, что межмолекулярные комплексы тебуконазола на основе арабиногалактана обладают высокой биологической активностью при сниженном расходе препарата.

**Ключевые слова:** протравители семян зерновых, сельское хозяйство, методы механохимии, препаративная форма, тебуконазол, полисахариды, арабиногалактан, межмолекулярные комплексы, биологическая активность, синергизм

### ВВЕДЕНИЕ

В мировой сельскохозяйственной практике широко и эффективно применяются препараты на основе тебуконазола (ТБК) – эффективные системные фунгициды для обработки семян зерновых культур в борьбе с фитопатогенами, передающимися с семенами [1].

Известно много попыток усовершенствовать препараты на основе ТБК. Так, разработан защитно-стимулирующий состав для предпосевной обработки семян зерновых на основе ТБК с добавлением известных стимуляторов роста (янтарная кислота, гетероауксин), диметилсульфоксида и водного раство-

ра хитозана [2]; предложена композиция для протравливания семян в виде водно-суспензионного концентрата, содержащая в качестве активных действующих веществ ТБК и тиабендазол в соотношении (20 : 1)–(1 : 20) [3].

Учитывая слабую растворимость ТБК в воде, мы предложили способ повысить водорастворимость ТБК за счет его комплексобразования с водорастворимыми полимерами [4]. Технология механохимической модификации ТБК основана на ранее выработанном нами подходе к улучшению свойств антигельминтных препаратов [5]. При этом удалось не только изменить физико-химические и технологические свойства известных антигельмин-

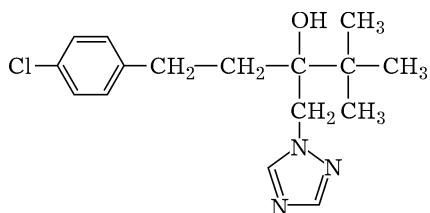
тиков в ряду бензимидазолов, но повысить и расширить их противопаразитарные свойства.

Цель настоящей работы – исследование возможности приготовления новых композиций на основе ТБК и водорастворимых полимеров, в том числе арабиногалактана (АГ), анализ физико-химических и технологических характеристик полученных композиций и оценка их биологических свойств.

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

В состав разрабатываемых протравителей входили:

1) тебуконазол – [(RS)-1p-хлорфенил-4,4-диметил-3-(1H-1,2,4-триазол-1-ил-метил)пентан-3-ил]. CAS 107534-96-3. Брутто-формула  $C_{16}H_{22}ClN_3O$ . Структурная формула:



2) полисахариды:

– арабиногалактан (АГ, ТУ 9363-021-39094141-08, серия 02042013);

– гидроксипропилкрахмал (ГЭК, марки 200/0,5, фармакопейной чистоты);

– натриевая соль карбоксиметилцеллюлозы (Na-КМЦ) марки SEKOL 700 фармакопейной чистоты;

– поливинилпирролидон (ПВП, ФСП 42-0345-4368-03) с молекулярной массой  $M_w \sim 12$  кДа.

Совместную механохимическую обработку ТБК и полимеров проводили в условиях, описанных ранее [5]. Для получения композиции ТБК с АГ и поверхностно-активным компонентом (порошок плодов *Sapindus trifoliates*) в металлический барабан вместимостью 0,7 л валковой мельницы LE-101 загрузили 7 г плодов (орехи) *Sapindus trifoliatus* (ПАВ) и 350 г металлических шаров (диаметр шаров 20–22 мм). Плоды измельчали до образования мелкодисперсного порошка при частоте вращения барабана 80–100 мин<sup>-1</sup> в течение 3 ч. Далее в барабан при перемешивании последовательно загрузили 35 г АГ, 7 г ТБК и 1250 г шаров (диа-

метр металлических шаров 10–22 мм) и после предварительного смешения твердофазных компонентов продолжали процесс механохимической активации (5 ч, 50–60 мин<sup>-1</sup>). Выгрузили 48,5 г легкосыпучего тонкодисперсного порошка бежевого цвета, который представлял собой композицию состава ТБК/АГ/ПАВ = 1 : 5 : 1 (композиция ТАП).

Полученные композиции анализировали на растворимость в воде, а также методами ИК-спектроскопии, термического и рентгенофазового анализа.

ИК-спектральные исследования ТБК и его композиций с полимерами проведены с помощью спектрофотометра Shimadzu-2600 (Япония).

Рентгенофазовый анализ (РФА) композиций ТБК проводили с использованием дифрактометра ДРОН-4,  $CuK_{\alpha}$ -излучение, скорость вращения счетчика 2 град/мин,  $I = 1000$ .

Термический анализ ТБК и его твердофазных композиций проводили методом дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) с помощью прибора DSC-550 (Instrument Scientific Specialists Inc., USA) в атмосфере аргона. Температурная программа: 20–250 °С, скорость нагрева 10 °С/мин.

Для определения растворимости в воде композиции ТБК/полимер с массовыми соотношениями 1 : 5 и 1 : 10 в количествах 0,33 и 0,6 г соответственно растворяли в 10 мл дистиллированной воды при перемешивании в шейкере-инкубаторе (25 °С, 180 мин<sup>-1</sup>) в течение 3 ч. Концентрацию ТБК в растворе определяли методом ВЭЖХ на хроматографе Agilent 1200 с колонкой Zorbax Eclipse XDB-C18, 4,6 × 50 мм; температура колонки 30 °С; детектор диодно-матричный. В качестве элюента применяли систему ацетонитрил – ацетатный буфер (1 : 1, pH 3,4), скорость потока 1 мл/мин, объем пробы 5 мкл, детектирование на длине волны 238 нм. Концентрации ТБК определяли относительно его специально приготовленного раствора в ДМСО.

Гранулометрический состав осадков исходного ТБК и его композиций определяли с помощью лазерного анализатора размера частиц Microsizer-201a (“ВА Инсалт”, Россия). В модуль пробоподготовки (объем жидкости 150 см<sup>3</sup>) засыпали 1–5 г исследуемого порошка в количестве, достаточном для достижения 70–75 % светопропускания через кювету. Изме-

рения проводили после перемешивания в течение 1–2 мин при одновременной ультразвуковой обработке суспензии для разрушения агломератов. Данные обрабатывали с помощью встроенной в анализатор программы расчета.

Исследования по биоиспытаниям композиций на основе ТБК вели в контролируемых лабораторных условиях (температура воздуха 25 °С) на пшенице сорта Омская 33. Все варианты опыта заложены в трех повторностях; каждая повторность – 15 семян на сосуд (500 г почвы). Почва – чернозем выщелоченный среднесуглинистый, средней мощности (слой 0–25 см), отобран с участка, где не выращивалась пшеница с применением препаратов на основе ТБК. Глубина заделки семян составляла 2 см. Семена получены при выращивании без применения удобрений и фунгицидов. Перед посевом семена калибровали, масса 1000 зерен достигает 39,8 г. Обработку препаратами проводили за 24 ч до посева. Растворы готовили из расчета расхода воды, применяемого в производственных условиях (10 л/т). Полив (30 мл/сосуд) проводили через 2 сут. В качестве химического эталона использовали фунгицид-протравитель фирмы Bayer на основе ТБК Раксил, КС с нормой расхода 0,5 л/т семян.

Уровень оздоровления посевного материала сорта Новосибирская 29 определяли биологическим методом, проводя закладку зерновок на фильтровальную бумагу (метод рулонов по ГОСТ 12044–93) и на агаризованную питательную среду Чапека–Докса [6] с добавлением стрептомицина сульфата. Для посева использовали зерновки без признаков и с признаками “черноты зародыша”. В опытах оценивали степень влияния композиции на ростовые процессы пшеницы: всхожесть

семян, число непроросших, наклюнувшихся, ненормально и нормально проросших зерновок. У нормально развитых проростков определяли такие показатели, как число и длина корней, высота ростка, их воздушно-сухая биомасса. Контролем служили зерновки, обработанные водой; химическим эталоном – зерновки, обработанные Раксиллом.

Полевые опыты закладывали по следующей схеме: 1) контроль (семена высевали без предварительной обработки фунгицидами); 2) перед посевом семена обработаны препаратом Раксил, в норме 0,5 л/т; 3) перед посевом семена обработаны композицией ТАП (содержание ТБК – 14 %), в норме 3 г/10 кг зерна.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Изучение ИК-спектров исходных образцов ТБК и его композиций показало, что в условиях механохимической обработки не происходит деструкции ТБК и его химического взаимодействия с выбранными полимерами.

Согласно результатам термического анализа измельченных образцов ТБК, влияние механообработки ТБК ограничивается смещением термоэффектов в область более низких температур. Совместная обработка ТБК с АГ при массовом соотношении 1 : 5 (композиция ТБК/АГ = 1 : 5) стабилизирует структуру АГ, что подтверждается смещением эндоэффектов АГ в область более высоких температур.

Анализ растворимости полученных композиций ТБК с полимерами (табл. 1) свидетельствует о том, что их водорастворимость существенно возрастает, что должно отразиться и на биологической активности препаратов.

ТАБЛИЦА 1

Растворимость в воде ТБК и его композиций с полисахаридами, полученными в различных типах измельчителей (погрешность анализа ±3 %)

Состав композиции и условия получения	Растворимость по данным ВЭЖХ	
	Абсолютная, мг/л	Увеличение, разы
ТБК/АГ = 1 : 5, АГО; 40g, модуль 1 : 24, 5 мин	488	15.3
ТБК/ГЭК = 1 : 2, АГО; 40g, модуль 1 : 24, 5 мин	356	11.1
ТБК/ПВП = 1 : 5, АГО, 40g, модуль 1 : 24, 5 мин	185	5.8
ТБК/АГ = 1 : 5, LE-101, 1g, 60 мин <sup>-1</sup> , модуль 1 : 30, 120 мин	115	3.6
ТБК/ГЭК = 1 : 2, LE-101, 1g, 60 мин <sup>-1</sup> , модуль 1 : 30, 120 мин	80	2.5
ТБК (исходный)	32	–

ТАБЛИЦА 2

Дисперсность ТБК и его композиций с полимерами

Образец, условия обработки	Содержание нанодисперсий в композициях, %	Максимальный размер частиц в выделенных фракциях, мкм			
		Диапазон, %			
		25	50	75	100
ТБК, без м/о	–	54.55	118.30	150.34	244.11
ТБК, м/о (АГО, 40g, 5 мин)	–	16.54	27.59	38.87	87.07
ТБК/АГ (1 : 5), м/о (АГО, 20g, 5 мин)	57.5	0.023	0.045	4.80	31.06
ТБК/ГЭК (1 : 2), м/о АГО, 40g, 5 мин	41.6	0.052	0.178	8.91	38.20
ТБК/АГ (1 : 5), м/о АГО, 20g, 5 мин	96.5	0.037	0.052	0.074	0.18
ТБК/АГ (1 : 5), LE-101, 1g, 60 мин <sup>-1</sup> , 120 мин	20.1	0.20	0.68	1.34	7.33
ТБК/ГЭК (1 : 2), LE-101, 1g, 60 мин <sup>-1</sup> , 120 мин	6.4	0.68	1.39	2.52	13.61

Из данных табл. 1 следует, что растворимость композиций зависит от природы полимеров и от типа измельчителя-активатора. Так, в высоконапряженных измельчителях типа АГО (энергонапряженность варьирует от 20g до 60g) в течение короткого времени (5 мин) образуются композиции с высокими показателями растворимости. В случае валковой мельницы LE-101 (напряженность 1g) для образования водорастворимых композиций ТБК необходимо более длительное время механообработки.

Из данных табл. 2 видно, что совместная механообработка ТБК с полимерами позволяет существенно уменьшить его дисперсность (рис. 1), вплоть до образования нанодисперсионной фракции. По-видимому, тонкодиспергированные частицы ТБК равномерно распределяются в порах полимеров, что препятствует процессу агломерации мелких частиц ТБК.

Испытания полученных композиций проведены в лабораторных условиях на широко

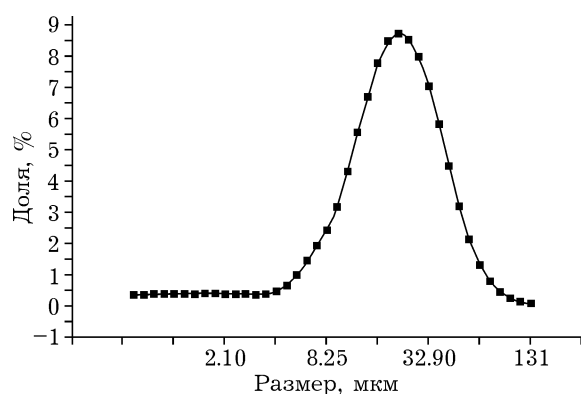


Рис. 1. Диаграмма дисперсности ТБК после механообработки в АГО-2 (40g) в течение 5 мин.

районированном сорте мягкой яровой пшеницы Новосибирская 29. Выявлена зависимость всхожести семян от обработки препаратами. Через 24 ч после обработки препаратом ТБК/Na-КМЦ = 1 : 5 наблюдалось проклеивание семян. В остальных вариантах опыта отмечается лишь их набухание. Максимальная всхожесть (82.2 %) на 3-и сут эксперимента характерна в случае препарата ТБК/АГ = 1 : 5. Всхожесть семян, обработанных ТБК/Na-КМЦ = 1 : 5, оказалась ниже на 17.4 %. Ингибирующий эффект ТБК не фиксируется только в случае препаратов ТБК/ГЭК = 1 : 5 и ТБК/АГ = 1 : 10. Все изучаемые препараты оказались значительно эффективнее по сравнению с химическим эталоном Раксилон (55.6 %): например, с композициями ТБК количество всходов на 20–26.6 % больше. Ретардантный эффект в варианте с обработкой Раксилон начал исчезать к 8 сут выращивания пшеницы. В дальнейшем семена пшеницы всходили во всех вариантах опыта. Количество всходов при обработке семян препаратами ТБК/АГ = 1 : 5 и ТБК/АГ = 1 : 10 возросло от 6.6 (ТБК/ГЭК = 1 : 5) до 8.9 %. Более длительный период всхожести отмечен для семян, обработанных препаратами, которые содержат Na-КМЦ: за 7–14 сут при обработке препаратами ТБК/Na-КМЦ = 1 : 10 и ТБК/Na-КМЦ = 1 : 5 число проростков увеличилось на 11.1 и 13.4 % соответственно. Относительно химического контроля (17.69 см, 0.035 г) ретардантный эффект композиций снижался, а сухая биомасса одного растения увеличилась на 31.4–38.6 % (табл. 3).

ТАБЛИЦА 3

Влияние препаратов, содержащих ТБК, на рост и воздушно-сухую биомассу растений яровой мягкой пшеницы сорта Омская 33, 2013 г.

Варианты	Высота проростка		Воздушно-сухая биомасса одного растения, г
	$M \pm m$	Коэффициент выравнивания, %	
ТБК/АГ = 1 : 5	25.31±1.14	92.2	0.051±0.006
ТБК/ГЭК = 1 : 5	24.87±0.91	93.7	0.045±0.003
ТБК/Na-КМЦ = 1 : 5	23.05±0.59	95.6	0.047±0.001
ТБК/Na-КМЦ = 1 : 10	24.74±1.20	91.6	0.053±0.001
ТБК/АГ = 1 : 10	23.86±0.98	92.9	0.057±0.006
Контроль (вода)	33.17±0.99	94.8	0.057±0.007
Контроль (Раксил, 0.5 л/т)	17.69±0.50	95.1	0.035±0.003

Относительно химического эталона во всех вариантах опыта также росла масса корней. Максимальные различия по массе корней в сравнении с Раксилом, для которого этот показатель составлял 0.06 г/растение, получены для композиций ТБК/Na-КМЦ = 1 : 10 (45.5 %), ТБК/АГ = 1 : 5 и ТБК/АГ = 1 : 10 (40 %). Различия между химическим эталоном и препаратами ТБК/Na-КМЦ = 1 : 5 и ТБК/ГЭК = 1 : 5 составили 25 и 33.3 % соответственно. Масса корней у растений в чистом контроле (вода) равна 0.09 г и на 33.3 % превышает данные для химического контроля. Корневая система у всех растений, выросших из обработанных семян, не поражалась возбудителями обыкновенной корневой гнили; наблюдались лишь небольшие точечные побурения неизвестной этиологии. В контроле (вода) доля растений с незначительными и неясными побурениями корней и колеоптиле составила 10 и 30.5 % соответственно. Частота встречаемости растений с признаками незначительного побурения колеоптиле (менее 10 % поверхности) равна 14.6, 7.9, 0, 7.5 и 5.1 % для следующего ряда препаратов: ТБК/АГ = 1 : 5 → ТБК/ГЭК = 1 : 5 → ТБК/Na-КМЦ = 1 : 10 → ТБК/АГ = 1 : 10 → ТБК/Na-КМЦ = 1 : 5 соответственно.

На основе предварительно полученных результатов биологических испытаний и анализа перспектив полученных композиций с учетом сырьевой базы и вопросов экологии для дальнейших исследований выбрана композиция ТБК/АГ = 1 : 5. По данным лабораторных испытаний этот препарат обладает высокой биологической активностью (ускорен-

ние всхожести семян, укрепление корневой системы, защита от корневой гнили и пр.). Однако в процессе приготовления рабочего раствора композиции ТБК/АГ = 1 : 5 наблюдались технологические трудности процесса суспендирования композиции, нестабильность и расслаиваемость суспензии. Для улучшения процессов смачивания и диспергирования в систему ТБК/АГ мы добавили ПАВ природного происхождения – порошок мыльных орехов трифолиатус (*Sapindus trifoliatus*). Получена композиция ТАП, удобная для приготовления рабочего раствора при протравливании семян.

Для подтверждения высокой эффективности композиции ТАП проведен широкий комплекс лабораторных и полевых испытаний. В ходе лабораторных экспериментов выявлена эффективность композиции ТАП против фитопатогенных микроорганизмов. Зерновки, обработанные как фунгицидом Раксил, так и композицией ТАП, свободны от возбудителя обыкновенной корневой гнили *Bipolaris sorokiniana* Shoem. (табл. 4). Существенно ниже уровень зараженности семян и грибами рода *Fusarium*: при обработке Раксилом почти в пять раз, а при обработке заявляемой композицией – почти в 20 раз по сравнению с контролем. Наблюдалось оздоровление зерновок от грибов рода *Alternaria*.

Анализ результатов испытаний показал, что на богатом питательном субстрате – агаризованной среде Чапека – Докса, все обработанные композицией ТАП зерновки давали нормально развитые проростки (контроль –

ТАБЛИЦА 4

Результаты микологического анализа зерновок яровой пшеницы сорта Новосибирская 29 (среда Чапека – Докса, фильтровальная бумага, 2014 г.)

Варианты	Зараженность зерновок грибной микрофлорой, %			
	<i>Bi polaris sorokiniana</i>	<i>Fusarium</i>	<i>Alternaria</i>	<i>Penicillium</i>
Контроль	20.8	11.9	66.7	0.6
Раксил	0	2.4	0	0
Композиция ТАП	0	0.6	0	0

73.4 %, Раксил – 91.2 %). Вокруг протравленных зерновок сформировались более компактные колонии фитопатогенов. Число здоровых проростков, сформировавшихся на среде Чапека – Докса из обработанных ТАП зерновок, достигало 78.3 % и превышало контроль в 5.9 раза (13.2 %). Эффективность Раксила составила 72.4 %. Воздушно-сухая биомасса ((0.082±0.08) г) ростков также выше (на 5 %) в варианте с обработкой ТБК (без обработки – (0.078±0.005) г; обработка Раксилем – (0.076±0.006) г).

Более высокая фунгицидная активность композиции ТАП, скорее всего, обусловлена противогрибковой активностью мыльных орехов или синергетическим эффектом компонентов, поскольку ТБК входит как в состав композиции ТАП, так и стандарта Раксила. Следовательно, противогрибковый эффект должен быть свойственен обоим препаратам, но этого не наблюдалось в наших экспериментах.

На фильтровальной бумаге из обработанных композицией ТАП зерновок формировались проростки с лучшими, чем в контроле, показателями роста (табл. 5).

Видно, что композиция ТАП влияет и на формирование корневой системы: возрастает число корешков (на 4.7 %), их длина (на

32 %) и воздушно-сухая биомасса (на 23.9 %). Высота ростка (10.56 см) в варианте с обработкой ТАП сопоставима с таковой в варианте с Раксилем (10.57 см) и превышала контроль на 11 %. Ростки формировались более выровненные, чем в контроле. Этот положительный биологический эффект подтвержден и данными о биомассе одного ростка, сформировавшегося из обработанных композицией ТАП зерновок: она варьировала в значительно меньшей степени (9.39–11.30 мг) по сравнению с биомассой ростка, сформировавшегося из необработанных ТАП зерновок (5.26–15.65 мг).

Эффективность композиции ТАП в снижении поражения растений пшеницы возбудителями обыкновенной корневой гнили подтверждается и результатами полевого эксперимента (2014 г.). На первых этапах органогенеза композиция ТАП оказывала оздоравливающее действие на первичные корни, колеоптиле и влагалища прикорневых листьев. Видно (табл. 6), что эффективность композиции ТАП в подавлении развития и распространенности болезни достигала 74.1 и 71.1 % соответственно (первичные корни); 86.1 и 85.7 % соответственно (колеоптиле) и 100 % (влагалища прикорневых листьев). Растения, сфор-

ТАБЛИЦА 5

Влияние композиции ТАП на ростовые процессы яровой пшеницы Новосибирская 29 (метод рулонов; фильтровальная бумага, увлажненная стерильной водопроводной водой), 2014 г.

Варианты	Число корней/ проросток, шт.		Длина корней, см		Высота ростка, см		Воздушно-сухая биомасса одного проростка, мг			
	$M \pm m$		$M \pm m$		$M \pm m$		Корни		Росток	
	$M \pm m$	B	$M \pm m$	B	$M \pm m$	B	$M \pm m$	B	$M \pm m$	B
Контроль	4.44±0.16	92.5	9.58±0.84	82.3	9.51±0.80	83.1	8.53±1.71	59.8	10.97±2.22	59.3
Раксил	4.74±0.05	97.6	13.95±0.16	97.6	10.57±0.14	97.3	9.75±0.62	87.2	10.70±0.80	84.9
ТАП	4.66±0.03	98.4	14.08±0.11	98.3	10.56±0.17	96.6	10.57±0.63	88.0	10.46±0.46	91.2

Примечание. B – коэффициент выравнивания, %.

ТАБЛИЦА 6

Влияние композиции ТАП на пораженность растений яровой пшеницы обыкновенной корневой гнилью в фазе 2-го листа, % (полевой опыт 2014 г.)

Варианты обработки	Глубина заделки семян, см	Первичные корни		Колеоптиле		Влагалище прикорневых листьев	
		Развитие	Распространенность	Развитие	Распространенность	Развитие	Распространенность
Контроль	3.25±0.42	14.6	51.0	15.8	42.0	0.4	1.5
Раксил, 0.5 л/т	3.21±0.23	5.0	19.3	2.2	8.0	0	0
ТАП	3.26±0.27	3.8	14.7	2.2	6.0	0	0
НСР <sub>0.5</sub>		2.5	6.5	4.3	11.8	0.3	1.3
Степень влияния							
по Снедекору, %		95.5	97.4	93.1	92.2	50.0	50.0

мировавшиеся в вариантах опыта, отличались меньшей высотой по сравнению с контролем ((15.19±0.56) см): композиция ТАП – (13.57±0.68) см, Раксил – (13.46±0.43) см. Воздушно-сухая биомасса 50 ростков в варианте с обработкой композицией ТАП ((1.69±0.10) г) незначительно отличалась от чистого контроля ((1.66±0.07) г) и на 6 % превышала таковую в варианте с обработкой Раксилом ((1.59±0.06) г). Полученные результаты свидетельствуют о меньшем ретардантном эффекте у изучаемой композиции ТАП по сравнению с Раксилом. К фазе кущения различия в высоте растений, выросших из обработанных семян, начали исчезать, и деланки имели более однородный вид: (29.0±0.11) см – композиция ТАП; (29.1±0.54) см – Раксил.

В вариантах с обработкой семян корневая система и влагалища прикорневых листьев кустящихся растений оставались более здоровыми (табл. 7).

Различия в показателях контрольного и опытного вариантов, характеризующих течение заболевания, были существенны. Композиция ТАП эффективно (развитие – на 83.8 %, распространенность – на 85.9 %) сдерживала заражение формирующихся вторичных корней. В пробах опытного варианта обнаружено больше растений со здоровыми вторичными и первичными корнями (в 7.1 и 2.2 раза соответственно) и подземным междоузлем (в 3.2 раза). Эффективность композиции ТАП в оздоровлении надземной части к стадии кущения ослабевала, но оставалась заметной.

Эффективность композиции ТАП в ограничении развития и распространенности обыкновенной корневой гнили прослеживалась вплоть до фазы молочной спелости пшеницы. Корневая система пшеницы, выросшей из протравленных композицией ТАП семян, оставалась менее пораженной по сравнению с чистым контролем. Лучший эффект отмечен на

ТАБЛИЦА 7

Влияние композиции ТАП на пораженность растений яровой пшеницы обыкновенной корневой гнилью в фазе кущения, % (полевой опыт 2014 г.)

Варианты	Корни		Эпикотиль	Влагалище прикорневых листьев	
	Первичные	Вторичные			
Контроль	13.3/40.0	9.3/36.4	18.0/61.2	27.3/78.0	
Раксил, 0.5 л/т	9.3/30.7	1.0/4.0	5.8/22.4	20.2/68.7	
ТАП	4.7/18.0*	1.5/5.1*	4.7/19.0*	18.2/60.7*	
НСР <sub>0.5</sub>	2.40/9.32	0.76/11.9	4.30/4.1	6.13/6.38	
Степень влияния					
по Снедекору, %		92.6/84	99.3/90.1	91.8/99.2	68.1/87.5

Примечание. Первое значение – развитие, второе – распространенность.

\* Приведены значения коэффициента выравнивания.

ТАБЛИЦА 8

Влияние комплексного препарата ТБК на структуру продуктивности яровой мягкой пшеницы сорта Новосибирская 29 (полевой опыт 2014 г.)

Показатели	Контроль		Раксил		Композиция ТАП		НСР <sub>0,5</sub>
	Среднее	В	Среднее	В	Среднее	В	
Высота растений, см	61.9	95.9	63.5*	96.9	64.6*	95.8	0.50
Число стеблей/растение, шт.	1.19	90.7	1.21*	91.2	1.25*	93.3	0.01
Длина колоса, см	6.98	95.7	7.02	96.0	7.21*	98.9	0.08
Число колосков в главном колосе, шт.	12.7	95.0	12.9*	97.7	13.2*	99.1	0.13
Число зерен в главном колосе, шт.	21.2	92.1	21.1	95.2	23.0*	97.5	0.66
Масса зерна с главного колоса, г	0.79	91.4	0.78	94.3	0.89*	98.3	0.01
Масса 1000 зерен, г	38.5	97.4	38.2	97.6	40.0*	96.4	1.16
Урожайность, т/га	1.53	79.2	1.55	90.2	1.62*	79.2	0.07

\* Приведены значения коэффициента выравнивания.

подземном междоузлии. Встречаемость растений со здоровыми эпикотильями (88.9 %), вторичными (81.1 %) и первичными (42.7 %) корнями выше, чем в чистом контроле (52.4, 71.3 и 29.3 % соответственно) в 1.7, 1.1 и 1.5 раза соответственно. Количество растений со здоровым основанием стебля в опытном и контрольном вариантах было одинаковым – 66 и 63 %. В варианте с обработкой Раксиллом пораженные эпикотили не встречались, вторичные корни поражены слабее, чем первичные, а заболеваемость оснований стебля сопоставима с таковой в варианте с композицией ТАП.

В фазе молочной спелости растения, выросшие из обработанных композицией ТАП семян, оказались более высокорослыми и сильнее кустились. По всем показателям, характеризующим структуру колоса, опытный вариант достоверно отличался от контроля и варианта с Раксиллом (табл. 8).

Заметно лучший эффект от применения композиции ТАП в полевых условиях выявлен при анализе данных озерненности и зерновой продуктивности главного колоса. Число зерен и их масса увеличились на 7.8 и 10.8 % соответственно. Сбор зерна в опытном варианте (1.62 т/га) превысил контроль и эталонный вариант.

Таким образом, применение композиции ТАП позволило достичь неожиданного синергизма в проявлении биологической активности, чего ранее не наблюдалось для аналогичных систем на основе ТБК и АГ. Установлено, что композиция ТАП характеризуется следующим:

1) эффективна в оздоровлении зерновок яровой пшеницы раннего срока созревания от семенной инфекции;

2) снижает развитие и распространение обыкновенной корневой гнили, а также ряда грибковых инфекций, не характерных для препаратов на основе ТБК;

3) повышает всхожесть семян, образование первичных корней, увеличивает рост и структуру колоса, а также накопление биомассы растений;

4) повышает зерновую продуктивность колоса и сбор зерна с 1 га посевов пшеницы раннего срока созревания.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе технологии механохимической модификации биологически активных препаратов, ранее предложенной при создании инновационных противопаразитарных препаратов, получены композиции ТБК с водорастворимыми полимерами. Композиции проявили широкий спектр биологической активности на зерновых культурах в лабораторных и полевых опытах. Композиция ТБК/АГ = 1 : 5 с добавлением природного ПАВ на основе сапонинов (композиция ТАП), в частности мыльных орехов трифолиатус (*Sapindus trifoliatus*), легко образовывала суспензию при приготовлении рабочего раствора для протравливания зерновых культур.

Проведенные биологические исследования выявили следующие достоинства препарата ТАП:



1) положительное влияние на всхожесть семян мягкой яровой пшеницы сорта Новосибирская 29;

2) эффективное подавление роста фитопатогенных микроорганизмов, благодаря чему зерновки, обработанные этой композицией, давали 100 % нормально развитые проростки, тогда как в контроле (без обработки препаратами) и в стандарте (Раксил КС) доля здоровых зерновок составляла всего 73.4 и 91.2 % соответственно;

3) положительное влияние на ростовые процессы: при обработке семян предлагаемой композицией увеличивалось число корешков (на 4.7 %), их длина (на 32 %) и воздушно-сухая биомасса (на 23.9 %);

4) высокий уровень оздоравливающего воздействия на корневую систему яровой мягкой пшеницы, выращиваемой на почве с высокой плотностью спор фитопатогена *Bipolaris sorokiniana*;

5) эффективное ограничение поражения растений пшеницы возбудителями обыкновенной корневой гнили, выявленное в полевом эксперименте.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 15-29-05835).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. М., 2010. 840 с.
- 2 Пат. 2232504 РФ, 2003.
- 3 Пат. 2264711 РФ, 2004.
- 4 Пат. 2469536 РФ, 2011.
- 5 Халиков С. С., Халиков М. С., Метелева Е. С., Гуськов С. А., Евсеенко В. И., Душкин А. В., Буранбаев В. С., Фазлаев Р. Г., Галимова В. З., Галиуллина А. М. // Химия уст. разв. 2011. Т. 19, № 6. С. 699 – 703.
- 6 Литвинов М. А. Методы изучения почвенных микроскопических грибов. Л.: Наука, 1969. 122 с.

