

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ФУНГИЦИДНОЙ АКТИВНОСТИ ПРЕПАРАТОВ И ИХ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ГОРМОНАЛЬНУЮ СИСТЕМУ, МОРФОГЕНЕЗ И ПРОДУКТИВНОСТЬ РАСТЕНИЙ ПШЕНИЦЫ

Фархутдинов Р.Г.<sup>1</sup>, Набеева Р.А.<sup>1</sup>, Уразбахтина Н.А.<sup>2</sup>, Коробова А.В.<sup>3</sup>, Хайруллина Р.Р.<sup>4</sup>, Абузгалина Р.И.<sup>1</sup>, Ямалеева А.А.<sup>1</sup>, Ибрагимов А.Г.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВПО «Башкирский Государственный Университет», 450076, г. Уфа, ул. Заки Валиди, 33, e-mail:regina-24-@mail.ru

<sup>2</sup>ФГБОУ ВПО «Башкирский Государственный Аграрный Университет», г. Уфа;

<sup>3</sup>ФГБУН «Уфимский Институт Биологии РАН», 450054, г. Уфа, Проспект Октября, 69

<sup>4</sup>ФГБУН «Институт нефтехимии и катализа Российской академии наук», 450075, г. Уфа, пр. Октября, 141

В ходе лабораторных опытов было установлено, что наиболее эффективной фунгицидной активностью по отношению к *Fusariumgraminearum* и *Bipolarissorokiniana* обладают препараты «БТМ» и «Бисол». В полевых условиях биологическая эффективность была выше у препарата «Бисол». Установлено отсутствие ингибирующего действия изученных препаратов на гормональный баланс проростков пшеницы. Препарат «Биодукс» стимулировал синтез ауксинов в надземной части, а в корнях у проростков, обработанных «1,3-аминосульфидом» и «Биодуксом», наблюдали накопление цитокининов. Оценка морфометрических показателей показала, что ростостимулирующее действие наблюдалось при предпосевной обработке препаратами «Купробисан», «1,3-аминосульфид» и «Бисол». Предпосевная обработка семян препаратами «БТМ», «1,3-аминосульфид», «Биодукс» увеличила полевую всхожесть семян пшеницы. Самая высокая урожайность получена после предпосевной обработке «БТМ».

Ключевые слова: фунгициды, фитогормоны, предпосевная обработка, урожайность, *Fusariumgraminearum* и *Bipolarissorokiniana*

## COMPARATIVE EVALUATION OF FUNGICIDAL ACTIVITY OF DRUGS AND THEIR EFFECTS ON THE HORMONAL SYSTEM, MORPHOGENESIS AND PRODUCTIVITY OF WHEAT PLANTS

Farkhutdinov R.G.<sup>1</sup>, Nabeeva R.A.<sup>1</sup>, Urazbakhtina N.A.<sup>2</sup>, Korobova A.V.<sup>3</sup>, Khairullina R.R.<sup>4</sup>, Abuzgalina R.I.<sup>1</sup>, Yamaleeva A.A.<sup>1</sup>, Ibragimov A.G.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Bashkir State University, Ufa, Russia, e-mail: regina-24-@mail.ru

<sup>2</sup> Bashkir State Agrarian University, Ufa, Russia

<sup>3</sup>Institute of Biology, Ufa, Russia

<sup>4</sup>Institute of Petrochemistry and Catalysis, Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

In laboratory experiments it was established that the most effective fungicidal activity against *Fusariumgraminearum*, and *Bipolarissorokiniana* preparations have «BTM» and «Bisol». In the field, biological efficiency was higher in the drug «Bisol». Established the absence the inhibitory effect of the studied drugs on the hormonal balance of wheat seedlings. The drug «Biodux» stimulated the synthesis of auxin in the aerial parts and roots of the seedlings treated with «1.3 aminosulfid» and «Biodux» observed accumulation of cytokinins. Evaluation of morphometric parameters showed that the growth-stimulating effect was observed in the preliminary treatment drugs «Kuprobisan», «1,3-aminosulfid» and «Bisol». Seed pre-treatment drugs «BTM», «1,3-aminosulfid», «Biodux» increased the germination of wheat seeds. The highest yield was obtained after a preliminary treatment «BTM».

Keywords:fungicides, plant hormones, pre-processing, productivity, *Fusariumgraminearum* and *Bipolarissorokiniana*

Одной из причин снижения урожая яровой пшеницы в Республике Башкортостан является распространение корневой гнили, вызываемое грибами *Fusariumgraminearum* и *Bipolarissorokiniana* (Sacc.). Для ограничения распространения этой фитопатологии чаще всего используют химические методы защиты, например в виде предпосевного протравливания семян [7]. Известно, что азот- и серосодержащие органические соединения являются

перспективными в качестве эффективных средств защиты растений и занимают одну из лидирующих позиций в производстве препаратов, обладающих противогрибковой активностью [5, 8]. Стратегией разработки препаратов является создание не только токсичных для патогенных организмов соединений, но и препаратов, направленных на усиление собственного иммунного ответа растений, за счет чего оно способно самостоятельно противостоять патогенам [3].

### Материалы и методы исследований

Была исследована фунгицидная активность недавно синтезированных азот- и серосодержащих соединений — производного бисамина и тиомочевины — ([N,N'-бис(диметиламинометил)-тиомочевинощавелевокислый] сульфата меди пентагидрата) (БТМ), 1,3-аминосульфида - (ди-{ 4-[(тетрагидро-4н-1,4-оксазин-4-ил)-метилсульфанил]-фенилового} эфир щавелевокислый), ближайших их химических аналогов, выпускаемых промышленностью: «Бисол» (N, N-тетраметилендиамин), «Купробисан» (N, N'-тетраметилметилендиаминщавелевокислый) сульфат меди пентагидрат)) и также внедряемого в растениеводство многоцелевого регулятора роста «Биодукс» с иммуностимулирующими свойствами.

Оценку фунгицидной активности проводили в питательных средах (картофельно-глюкозном агаре) с добавлением препаратов: «1,3-аминосульфид», «БТМ», «Бисол», «Купробисан» в концентрации 0,01%, «Биодукс» в концентрации 0,03%. В среде вырезали лунку диаметром 10 мм, которую засеивали суспензией спор тест-культур грибов *Bipolaris sorokoniana* и *Fusarium graminearum*. Инкубацию проводили при комнатной температуре. Фунгицидную активность оценивали по диаметру зоны роста микромицетов. Контролем служило развитие грибов на питательной среде без фунгицидов. Повторность опыта трехкратная.

Мелкоделяночные полевые опыты проводили на растениях сорта яровой мягкой пшеницы Башкирская 26, находящихся на разных стадиях онтогенеза, в трехкратной повторности. Семена пшеницы замачивали в препаратах «1,3-аминосульфид», «БТМ», «Бисол», «Купробисан» в концентрации 0,01%, «Биодукс» в концентрации 0,03% [8]. Оценку степени поражения растений возбудителями корневых гнилей проводили на естественном инфекционном фоне по четырехбалльной шкале. Учет полевой всхожести проводили на 9-е сутки. Распространение болезни оценивали как отношение числа больных растений к их общему числу:  $P=100n/N$ , где P — распространенность болезни (%); n — число больных растений в пробе; N — общее число растений в пробе. Развитие болезни рассчитывали по формуле:  $R=\sum(ab) \times 100/N$ , где R — развитие болезни (%); (ab) — сумма произведений числа больных растений (a) на соответствующий балл поражения (b); N — общее количество растений в пробах (больных и

здоровых). Биологическую эффективность препаратов оценивали по формуле Аббота:  $C=100 \times (a-b)/a$ , где  $C$  – биологическая эффективность препаратов (%),  $a$  – количество пораженных растений в контроле,  $b$  – количество пораженных растений в пробе.

Определение уровня содержания фитогормонов проводили с помощью ИФА на 7-суточных проростках пшеницы сорта Башкирская 26 в лабораторных условиях [1].

### Результаты и обсуждение

Проведенные исследования показали, что штаммы патогенов *Fusariumgraminearum* и *Bipolarissorokiniana* (Sacc.) по-разному развивались на средах, содержащих фунгицидные препараты (табл. 1).

Таблица 1

Фунгицидная активность препаратов «БТМ» (1), «Купробисан» (2), «1,3-аминосουλфид» (3), «Бисол» (4), «Биодукс» (5) к *Fusariumgraminearum* и *Bipolarissorokiniana*. Контроль (6). Площади колоний, см<sup>2</sup>

Вариант обработки	Сутки после обработки					
	4	7	12	18	28	36
<i>Fusarium graminearum</i>						
1	12,4±1,2	41,8±	81	81	81	81
2	13,8±1,2	46,9±1,5	81	81	81	81
3	14,4±0,6	47,8±0,6	81	81	81	81
4	11,9±1,0	42,7±2,3	81	81	81	81
5	13,3±1,2	45,8±2,5	81	81	81	81
6	15,1±1,1	48,5±2,5	81	81	81	81
<i>Bipolarissorokiniana</i> (Sacc.)						
1	4,3±0,2	13,9±1,0	23,4±2,0	40,9±3,0	40,3±3,8	41,0±4,0
2	6,1±0,4	32,4±1,5	58,5±0,6	63,9±1,0	75,0±0,5	81
3	5,1±0,3	19,1±1,8	55,3±2,6	64,0±1,0	69,3±4,0	81
4	4,4±0,4	15,1±1,2	20,9±2,0	25,8±2,5	35,6±3,2	42,4±3,4
5	6,3±0,5	21,2±2,0	36,6±3,0	56,2±3,0	57,0±4,2	81
6	7,3±0,7	34,1±2,4	59,3±4,0	65,9±4,0	75,9±5,2	81

(81 см<sup>2</sup> – полное зарастание площади чашки Петри)

Как видно из таблицы 1, все испытываемые препараты имели относительно невысокую фунгицидную активность по отношению к *Fusariumgraminearum*. Фунгицидная активность к *Fusariumgraminearum* сохранялась в течение 7 суток достоверно только у препаратов «БТМ» и «Бисол», к 12-м суткам чашки Петри с препаратами и контролем заросли полностью.

Фунгицидная активность препаратов «БТМ» и «Бисол» к *Bipolarissorokiniana* сохранялась более 36 суток (табл. 1).

Таким образом, «БТМ» (1) и «Бисол» (4) проявляют фунгицидную активность в отношении штамма *Fusariumgraminearum* в течение первых 10 дней, к *Bipolarissorokiniana* – более 1 месяца. Фунгицидная активность к *Fusariumgraminearum* убывает в ряду «БТМ» (1) > «Бисол» (4) > «Биодукс» (5) > «Купробисан» (2) > «1,3-аминосουλфид» (3), к *Bipolarissorokiniana* – в ряду «БТМ» (1) > «Бисол» (4) > «Биодукс» (5) > «1,3-аминосулфид» (3) > «Купробисан» (2).

Нам представилось интересным оценить, как влияют предпосевные обработки на эндогенный гормональный статус проростков пшеницы (табл. 2). Предпосевная обработка препаратами привела к накоплению цитокининов в побеге во всех вариантах, а в корнях — только у проростков, обработанных «1,3-аминосулфидом» (3) и «Биодуксом» (5).

Таблица 2

Уровень содержания фитогормонов в корнях и побегах 7-суточных проростков после предпосевной обработки препаратами «БТМ» (1), «Купробисан» (2), «1,3-аминосулфид» (3), «Бисол» (4), «Биодукс» (5). Контроль (6)

Вариант обработки	Содержание фитогормонов, нг/г сырой массы					
	Ауксины		Цитокинины		АБК	
	Побег	Корни	Побег	Корни	Побег	Корни
1	4,61±0,3	1,37±0,09	66,9±4,5	54,8±3,7	7,49±0,6	7,11±0,6
2	6,78±0,5	1,68±0,1	133,7±10	37,1±3,2	6,92±0,5	5,39±0,5
3	5,36±0,4	0,79±0,07	78,6±5,0	93,9±7,4	7,36±0,8	3,08±0,2
4	5,15±0,2	0,87±0,05	90,8±9,1	40,6±4,5	5,29±0,6	5,31±0,5
5	9,6±0,8	2,66±0,12	78,1±6,2	118,7±9,2	9,8±1,0	6,61±0,6
6	3,64±0,4	0,79±0,08	10,9±1,1	53,2±3,4	8,59±0,7	4,99±0,5

Нами выявлены определенные закономерности процессов роста в зависимости от испытуемых препаратов. Ранее анализировано содержание фитогормонов при предпосевной обработке семян пшеницы «Бисолом». Показано, что увеличение АБК было вполне благоприятно для растений, очевидно, в связи с тем, что координировалось одновременным повышением содержания в них ИУК, играющей важную роль в активации метаболических процессов, лежащих в основе роста растений [6].

Как видно из таблицы 2, уровень содержания ИУК в побегах был больше во всех обработанных вариантах по сравнению с контролем, а в корнях — только в вариантах 2 и 5. Наибольшее стимулирующее действие на образование ИУК оказала обработка препаратом «Биодукс». Меньше накапливалось АБК в побегах при обработке препаратом «Бисол», а в

корнях – «1,3-аминосουλфидом». Установлено достоверное накопление АБК в корнях, обработанных «БТМ» и «Биодуксом».

При проведении полевых испытаний установлено, что исследуемые препараты достаточно эффективно обеспечивали защиту пшеницы от корневой гнили (табл. 3).

Таблица 3

Фитосанитарное состояние посевов яровой пшеницы (корневые гнили) при предпосевной обработке препаратами «БТМ» (1), «Купробисан» (2), «1,3-аминосулфид» (3), «Бисол» (4), «Биодукс» (5). Контроль (6)

Вариант обработки	Корневые гнили					Развитие болезни, %	Распространенность, %	Биологическая эффективность %
	0 баллов, %	1 балл, %	2 балла, %	3 балла, %	4 балла, %			
1	94	4	2	-	-	2	6	75,7
2	96	4	-	-	-	1	4	81,8
3	96	4	-	-	-	1	4	81,8
4	98	2	-	-	-	0,5	2	90,9
5	90	6	4	-	-	3,5	10	54,5
6	78	16	4	2	-	7,5	12	

Как видно из таблицы 3, развитие болезни, вызванной корневой гнилью, в фазе полного кущения в контроле составило 7,5%, при протравливании препаратами «БТМ» (1), «Купробисан» (2), «1,3-аминосулфид» (3), «Бисол» (4), «Биодукс» (5) заболеваемость была в пределах 0,5–3,5%. Наибольшей биологической эффективностью обладал препарат «Бисол» (4). В опытных делянках количество здоровых растений было на 18% больше, чем контрольных растений, развитие болезни не превысило 0,5%. Это сравнимо с результатами лабораторных исследований, проведенных нами ранее [4].

Наблюдение за развитием корневых гнилей показало, что интенсивность развития инфекции достигла в опытных вариантах 28,5–35,4% (в контроле 48,1%). Защитный эффект против грибной инфекции сохранялся до прохождения фенологических фаз по декадам развития растений, к началу 2-й половины вегетации он снижался. Поэтому для поддержания биологической активности препаратов целесообразно использовать опрыскивание фунгицидами и в период вегетации.

Предпосевная обработка семян препаратами «БТМ» (1), «1,3-аминосουλфид» (3), «Биодукс» (5) увеличила полевую всхожесть семян пшеницы на 6,5, 5,7, 2,5% соответственно (табл. 4). Обработка семян «Бисолом» (4) не влияла на их всхожесть, она была сопоставима с контрольными растениями, а «Купробисан» (2) несколько ингибировал прорастание семян (на 7,3%).

Таблица 4

Количество всходов пшеницы и высота растений (см) в разные периоды онтогенеза при обработке препаратами «БТМ» (1), «Купробисан» (2), «1,3-аминосулфид» (3), «Бисол» (4), «Биодукс» (5). Контроль (6)

Вариант обработки	Количество всходов пшеницы, %*	Сутки после посева				
		9 –е сутки	24-е сутки	37-е сутки	51-е сутки	65-е сутки
1	+6,5	4,7±0,5	38,6±1,0	63,3±1,0	93,9±2,5	94,6±2,3
2	-7,3	4,9±0,8	42±1,0	71,8±1,2	104,3±3,0	105±3,0
3	+5,7	4,9±0,9	39,3±1,0	64,3±0,4	101,7±4,0	102±3,5
4	-1,7	4,8±0,5	39,5±1,1	71,7±1,5	95,5±1,5	99,9±2,0
5	+2,5	4,5±0,9	41,2±1,2	66,7±1,2	94,7±2,0	96±1,4
6	100	4,8±0,5	40,9±1,1	64,8±1,4	97,1±2,5	97,5±4,0

\*% — процент к контролю

Урожай яровой пшеницы зависит от числа продуктивных колосьев на единицу площади, числа колосков в колосе, числа, массы зерен в колосе и от массы 1000 зерен [2].

Как видно из таблицы 5, предпосевная обработка всеми исследуемыми препаратами (1–5) позволила повысить получение урожая зерна до 22 ц/га. Прибавка урожайности формируется за счет большего числа зерен в колосе, массы 1000 зерен, количества сохранившихся растений на единице площади. Самая высокая урожайность получена после предпосевной обработки «БТМ» (1), урожайность была на 60% выше, чем на контрольных делянках. Это было связано с высоким числом зерен в колосе, числом продуктивных стеблей на единицу площади. Однако в этом варианте мы наблюдаем и меньшую, чем в контроле, массу 1000 семян. Интересен с нашей точки зрения тот факт, что обработка «Бисолом» приводила к увеличению числа продуктивных стеблей, а использование «Биодукса» — к увеличению массы 1000 зерен.

Таблица 5

Урожайность яровой пшеницы при предпосевной обработке препаратами «БТМ» (1), «Купробисан» (2), «1,3-аминосулфид» (3), «Бисол» (4), «Биодукс» (5). Контроль (6)

Вариант опыта	Число зерен в колосе	Число продуктивных стеблей	Масса 1000 зерен	Урожайность, ц/га
1	28,8±1,0	420±14,0	46,2±4,0	55,9±4,6
2	28,3±1,1	361±13,0	49,4±0,1	50,5±4,2
3	26,9±1,2	351±12,0	48,4±1,0	45,7±4,3
4	22,1±1,1	450±13,0	48,4±1,0	48,1±4,2
5	25,4±1,2	363±15	51,2±2,0	47,2±2,5
6	19±1,0	360±10	49,6±1,0	33,9±2,3

### Вывод

Таким образом, в результате исследований было установлено, что наиболее эффективной фунгицидной активностью по отношению к *Fusariumgraminearum* и *Bipolaris sorokiniana* обладают препараты «БТМ» и «Бисол». В полевых условиях биологическая эффективность была выше у препарата «Бисол». По действию предпосевной обработки на гормональный баланс проростков пшеницы было выявлено, что препарат «Биодукс» стимулировал синтез ауксинов, препараты не вызывали накопления АБК в растении. Оценка морфометрических показателей показала, что ростостимулирующее действие наблюдалось при предпосевной обработке препаратами «Купробисан», «1,3-аминосουλфид» и «Бисол». Предпосевная обработка семян препаратами «БТМ», «1,3-аминосулфид», «Биодукс» увеличила полевую всхожесть семян пшеницы. Самая высокая урожайность получена после предпосевной обработки «БТМ».

### Список литературы

1. Веселов Д.С., Веселов С.Ю., Высоцкая Л.Б., Кудоярова Г.Р., Фархутдинов Р.Г. Гормоны растений: регуляция концентрации, связь с ростом и водным обменом. М.: Наука, 2007. — 158 с.
2. Гулянов Ю.А. Урожай озимой пшеницы и его структура // Земледелие. — 2003. — № 6.
3. Массалимов И. А., Исмаил А., Мусавирова Л. Р. Разработка экологически безопасных средств защиты и стимуляторов роста растений. Международный Научный Институт «Educatio». № 3. – 2014, Ч. 6. — С. 157–159.
4. Набеева Р.А., Хайруллина Р.Р., Ямалеев А.М., Ямалеева А. А., Фархутдинов Р.Г., Ибрагимов А.Г. Исследование механизмов действия 1,3-аминосулфидов в регуляции устойчивости яровой пшеницы к корневым гнилям. Аграрная Россия. 2015. — № 9. — С. 12–17.

5. Трошина Н. Б., Яруллина Л. Г., Сурина О. Б., Максимов И. В. Индикаторы устойчивости растений и активные формы кислорода. III. Влияние бисола-2 и байтана на морфогенез и защитный ответ клеток неморфогенных каллусов пшеницы, инфицированных возбудителем твердой головки // Цитология, Т. 48. — 2006. — № 6. — С. 495–499.
6. Шакирова Ф.М. Неспецифическая устойчивость растений к стрессовым факторам и ее регуляция. Уфа: Гилем, 2001. — 160 с.
7. Ямалеев А.М., Сахибгареев А.А. Иммуногенетические и агрохимические принципы повышения устойчивости зерновых культур в интегрированной системе защиты растений. Уфа: Мир печати. — 2010. — 248 с.
8. Ямалеева А.А., Хайруллина Р.Р., Набеева Р.А., Ямалеев А.М., Фархутдинов Р.Г., Ибрагимов А.И. Синтез 1,3-аминосουλфидных комплексов, их биологическая эффективность к фитопатогенам, вызывающих корневые гнили и индуцирование реакции устойчивости у *Triticumaestivum* L. Вестник Башкирского университета. Т. 20. — 2015. — № 1. — С. 66–72.

**Рецензенты:**

Высоцкая Л.Б., д.б.н., в.н.с. лаборатории физиологии растений Уфимского Института биологии РАН, г. Уфа;

Иванов И.И., д.б.н., в.н.с. лаборатории физиологии растений Уфимского Института биологии РАН, г. Уфа.