

Влияние фунгицидов на посевные качества и ростовые процессы сорго зернового в условиях Самарской области

М. Н. Кинчарова ✉, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории инновационных технологий в селекции, семеноводстве и семеноведении

Е. В. Матвиенко, кандидат биологических наук, младший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства крупяных и сорговых культур

Самарский федеральный исследовательский центр РАН, Поволжский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства им. П.Н. Константинова

446442, Самарская область, г. Кинель, пгт. Усть-Кинельский, ул. Шоссейная д. 76

✉ potatolab@mail.ru

Резюме. Исследования проводили с целью изучения влияния обработки семян фунгицидами на посевные качества и ростовые процессы сорго зернового в лабораторных и полевых условиях в 2019-2022 гг. Для исследований были взяты кондиционные, полновесные семена двух районированных и перспективных для возделывания в Самарской области сортов сорго зернового Рось и Кинельское 63. В лабораторных условиях на сорте Рось в результате оценки влияния протравителей семян на ростовые процессы растений сорго зернового была отмечена наибольшая интенсивность образования проростков на вариантах с применением препаратов Витарос и ТМТД, где длина проростков увеличивалась на 23,8 и 38,1 %, а прирост корешков составил от 16,3 до 27,9 % по отношению к контролю, а на сорте Кинельское 63 по вариантам с обработкой Витарос, Селест Макс и ТМТД отмечен существенный прирост проростков (на 13,6...27,3 %) и корешков (11,1...22,2 %). В полевых условиях на сорте Рось протравители по-разному влияли на первоначальный рост сорго. Варианты опыта с ТМТД, Витарос и Селест Макс имели ростостимулирующий эффект и способствовали увеличению высоты растений на сорте Рось на 6,0...16,3 % по сравнению с контролем, а на сорте Кинельское 63 – на 11,1...21,5 %. Все испытанные препараты в разной степени повышали урожайность сорго зернового. Наилучшими показателями урожайности зерна отличались варианты с обработкой ТМТД и Максим, где они достоверно превысили контроль по сортам на 0,38...0,43 т/га и 0,24...0,31 т/га соответственно.

Ключевые слова: сорго зерновое, протравители семян, семена, влияние, всхожесть, рост.

Для цитирования: Кинчарова М. Н., Матвиенко Е. В. Влияние фунгицидов на посевные качества и ростовые процессы сорго зернового в условиях Самарской области // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2024. № 1 (65). С. 88-95. doi:10.18286/1816-4501-2024-1-88-95

The influence of fungicides on sowing qualities and growth processes of grain sorghum in Samara region

M. N. Kincharova ✉, **E. V. Matvienko**

Samara Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Volga Region Research Institute of Selection and Seed Production named after P.N. Konstantinov

446442, Samara region, Kinel, Ust-Kinelsky town, Shosseyayaya st., 76 ✉ potatolab@mail.ru

Abstract. The research was carried out to study the effect of seed treatment with fungicides on the sowing qualities and growth processes of grain sorghum in laboratory and field conditions in 2019-2022. Full-weight high-quality seeds of two regionalized and promising grain sorghum varieties for cultivation in Samara region: Ros and Kinelskoye 63 were taken for the research. Research was carried out in the laboratory conditions on Ros variety, as a result of assessing the effect of seed protectants on the growth processes of grain sorghum plants, the greatest intensity of seedling formation was noted on variants with application of Vitaros and TMTD preparations, where the length of the seedlings increased by 23.8 and 38.1%, and the growth of roots was from 16.3 to 27.9% in relation to the control, whereas a significant increase of seedlings (by 13.6...27.3%) and roots (11.1...22.2%) was noted on Kinelskoye 63 variety in the variants with Vitaros, Celeste Max and TMTD treatment. Under field conditions on Ros variety, disinfectants had different effects on the initial growth of sorghum. The variants with TMTD, Vitaros and Celeste Max had a growth-stimulating effect and contributed to an increase of plant height on Ros variety by 6.0...16.3% compared to the control, and on the Kinelskoye 63 variety - by 11.1...21.5%. All the tested products increased the yield of grain sorghum to different extents. The best grain yield parameters were in case of TMTD and Maxim treatments, where they significantly exceeded the control varieties by 0.38...0.43 t/ha and 0.24...0.31 t/ha, respectively.

Keywords: grain sorghum, seed protectants, seeds, influence, germination, growth.

For citation: Kincharova M. N., Matvienko E. V. The influence of fungicides on sowing qualities and growth processes of grain sorghum in Samara region // Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy. 2024;1(65):88-95 doi:10.18286/1816-4501-2024-1-88-95

Введение

Низкие требования к почве, исключительная устойчивость к засухе и жаре, солеустойчивость и универсальность делают сорго одной из самых ценных среди кормовых культур, особенно в качестве страховой культуры в засушливые и остро засушливые годы [1]. Климат Самарской области преимущественно засушливый. Согласно многолетним данным, среднегодовое количество осадков в ее южных и центральных районах составляет 300-400 мм, а в отдельные годы до 200 мм. В связи с этим сорго, которое в силу своих биологических особенностей и свойств может лучше и полнее использовать имеющуюся и выпадающую влагу, в экстремальные по влагообеспеченности годы может дать полноценный урожай [2].

В последнее время качество семян различных зерновых культур снизилось: стало крайне сложно добиться хорошей всхожести, часто случаются задержки прорастания, что приводит к неравномерному и плохому развитию растений [3, 4, 5].

Согласно различным литературным источникам, особое внимание необходимо уделять оздоровлению семян, которые часто являются основным источником распространения целого ряда заболеваний. Под влиянием инфекции во время формирования урожая, его уборки, послеуборочной обработки и хранения семена сорго снижают свои посевные качества – лабораторную и полевую всхожесть, энергию и силу роста, что, по мнению ряда исследователей, приводит к снижению урожайности [6, 7, 8].

Эффективность применения пестицидов с точки зрения спасенного от вредителей и болезней урожая составляет 11 млн. т. (32,07 % от потенциального уровня предотвращения потерь урожая) [9, 10, 11]. Химическая защита растений от болезней проводится быстро и эффективно при использовании качественных препаратов только с учетом их спектра действия, погодных условий, срока появления болезни, экологии и биологии патогена [12].

Необходимо использовать новые подходы к объективной оценке эффективности применяемых фунгицидов, которые включают такие показатели, как активность фотосинтетических и ферментативных процессов, содержание микроэлементов в тканях обработанных растений, количество сухого вещества, интенсивность ростовых процессов и др. [13, 14].

Известно, что многие пестициды, помимо своей основной фунгицидной активности, обладают рядом дополнительных влияний на растения, которые отражаются на их урожайности [15, 16]. К ним относятся не только различная степень фитотоксичности, но и стимулирующие и регулирующие рост действия. Знание этих эффектов позволит использовать химические пестициды более целесообразно,

чтобы достичь их положительных эффектов и избежать отрицательных последствий [17].

В научной литературе имеется лишь несколько упоминаний, которые либо подтверждают [18, 19, 20] или отвергают [21, 22] внутренне присущий положительный эффект фунгицидов на урожайность полевых культур. Эффект урожайности легче определить в контролируемых условиях без болезней, которые подтверждают полевые наблюдения внутреннего повышения урожайности при применении фунгицидных препаратов [23].

Современный рынок предлагает достаточно широкий ассортимент фунгицидов. При таком разнообразии сельхозпроизводителям бывает сложно сделать правильный выбор. В связи с этим целью наших исследований было сравнительное изучение препаратов для подбора наиболее эффективных, улучшающих фитосанитарное состояние посевов и повышающих продуктивность и качество возделываемых в условиях Самарской области сортов сорго зернового. Следует учитывать, что в условиях региона исследований по изучению эффективности протравителей семян сорго зернового и влиянию их на ростовые процессы и силу начального роста не проводилось.

Цель исследования – изучить влияние фунгицидов на посевные качества и ростовые процессы семян сорго зернового в лабораторных и полевых условиях.

Материалы и методы

Лабораторные и полевые исследования проведены в 2019-2022 гг. на базе Поволжского НИИСС – филиала СамНЦ РАН. Для исследований использовали кондиционные, полновесные семена, включенных в Государственный реестр селекционных достижений по Средневолжскому региону сортов сорго зернового с разным цветом зерна: с желтовато-белым оттенком – сорт Рось и оранжево-красным – Кинельское 63.

Предпосевную обработку семян проводили непосредственно перед началом исследования в лабораторных условиях по следующим вариантам:

1. Контроль (без обработки);
2. Селест Макс, КС (1,5 л/т);
3. ТМТД, ВСК (4 л/т);
4. Максим, КС (1,5 л/т);
5. Доспех, КС (0,4 л/т);
6. Витарос, ВСК (2,5 л/т).

Изучаемые препараты: Селест Макс, КС – комбинированный инсектофунгицидный протравитель семян с комплексным действующим веществом: тиаметоксам 125 г/л, флудиоксонил 25 г/л и тебуконазол 15 г/л; ТМТД, ВСК – контактный фунгицидный протравитель семян с действующим веществом: тирам, 400 г/л; Максим, КС – контактный фунгицидный протравитель с действующим веществом:

флудиоксонил 25 г/л; Доспех, КС – высокоэффективный системный фунгицид для обработки семян с действующим веществом: тебуконазол 60 г/л; Витарос, ВСК – контактно-системный фунгицид с двухкомпонентным действующим веществом: 98 г/л тирам + 198 г/л карбоксин [24].

Фитопатологическую экспертизу семян сорго зернового проводили согласно ГОСТ 12044-93. Семена проращивали на гофрированной фильтровальной бумаге при температуре 24°C во влажной камере с естественной вентиляцией по ГОСТ 12038-84. Для анализа брали 3 рабочие пробы по 100 семян в трехкратной повторности. На 4-й день определяли энергию прорастания семян сорго, на 8-й день – их всхожесть, длину проростка, длину корешков с точностью до 0,1 см. Полевая всхожесть определялась путем подсчета всех взошедших растений в процентах к числу высеванных зерен.

Для проведения полевых исследований закладывался опыт на 2 участках с различной выравненностью рельефа и температурным режимом. Измерение температуры почвы проводили в утренние часы ртутными колеччатыми термометрами Савинова на глубине – 5, 10 и 15 см по ГОСТ 112-78.

В полевых условиях на 20-й день от начала всходов определяли высоту сорго в 3-х кратной повторности. Урожайность определяли весовым методом.

Результаты

Фитопатологическая экспертиза семян сорго зернового, проведенная в лабораторных условиях, выявила, что семена этой культуры могут поражаться различными видами грибов, в том числе и несколькими видами одновременно. Согласно полученным данным, все изучаемые препараты эффективно снижали зараженность семян патогенными грибами *Alternaria sp.*, *Fusarium sp.*, *Nigrospora sp.*, *Cercospora sorghi* и грибами, вызывающими плесневение.

Оздоровительный эффект на семенах сорго сорта Рось показали контактно-системные препараты Витарос и ТМТД и системный препарат Доспех, где количество здоровых семян составляло 88,8, 87,0 и 78,8 % соответственно. Наибольшая эффективность среди протравителей отмечена по варианту с Витаросом, но следует отметить, что этот фунгицид увеличивал в 1,3...2,8 раза количество здоровых, но не проросших семян по сравнению с другими протравителями.

На зерновом сорго Кинельское 63 выявлено, что семена этого сорта менее восприимчивы к инфекциям, они относительно более устойчивы к болезням, и доля здоровых семян здесь составила от

83,6 % до 97,6 %, что больше, чем в вариантах с протравителями по сорту Рось и в контроле (15,6 %). Меньшая зараженность семян этого сорта по сравнению с белосемянным сортом Рось может быть связана с содержанием дубильных веществ в орнажево-красной семенной оболочке.

Известно, что многие пестициды, кроме фунгицидной активности, вызывают еще ряд дополнительных эффектов влияния на растения, в том числе и фитотоксическое действие на растения.

В результате оценки влияния пяти различных фунгицидов для предпосевной обработки семян на ростовые процессы сорго зернового сортов Рось и Кинельское 63 было отмечено, что чаще изучаемые препараты несколько стимулируют такие показатели, как энергия прорастания и всхожесть семян, но некоторые препараты значительно, либо несущественно все же отрицательно влияют на них. А именно на сорте Рось энергия прорастания по вариантам с препаратами Максим и ТМТД в среднем за 4 года увеличивалась на 2...5 % по сравнению с контролем, по остальным вариантам несущественно снижалась (на 0,2...1,5 %), либо была на уровне с контрольным вариантом. На сорте Кинельское 63 в основном отмечалось усиление энергии прорастания на 0,4...1,5 %, за исключением препарата Доспех, по которому выявлено снижение энергии прорастания на 3,4 % (рис. 1). Что касается всхожести семян, то по всем вариантам опыта по обоим сортам замечено увеличение этого показателя на 0,5...7,1 %, за исключением опять же препарата Доспех, который подавлял прорастание семян сорго зернового обоих сортов. А именно энергия прорастания снижалась от 1,5 до 3,4 %, а всхожесть на сорте Рось оставалась на уровне с контролем, на Кинельском 63 несколько уменьшалась (на 1,1 %).

Что касается зародышевых органов, то большинство препаратов способствовало их развитию. Наибольшая интенсивность образования проростков была отмечена в вариантах с применением препаратов контактно-системного действия Витарос и контактного действия ТМТД по сорту Рось, где длина проростков увеличивалась на 23,8 и 38,1 %, а прирост корешков составил от 16,3 до 27,9 % соответственно по отношению к контролю (рис. 1). По сорту Кинельское 63 по вариантам с обработкой Витаросом, Селест Макс и ТМТД отмечен существенный прирост проростков (13,6, 18,2 и 27,3 % соответственно) и корешков (11,1, 11,1 и 22,2 % соответственно). Необходимо отметить, что достаточно сильным фитотоксическим эффектом обладал препарат Доспех, который снижал рост проростков и корешков по обоим сортам на 4,5...1,6 % (рис. 1).

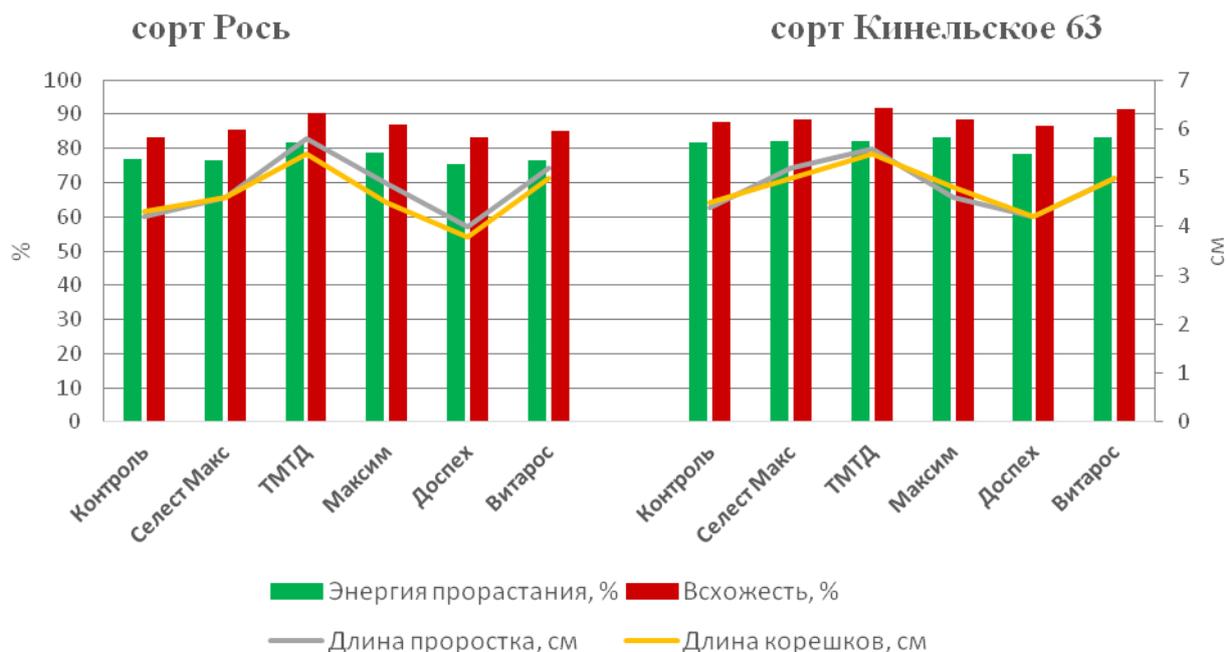


Рис. 1. Влияние протравителей на посевные качества семян сорго зернового в лабораторных условиях (среднее за 2019-2022 гг.)

Кроме лабораторных исследований, в 2020-2022 гг. был проведен полевой эксперимент на двух участках с различной выравненностью рельефа и различным почвенным температурным режимом. Измерение температуры почвы проводили в утренние часы ртутными колечными термометрами Савинова на глубине – 5, 10 и 15 см.

В ходе проведения исследований в 2020-2022 гг. на первом более возвышенном участке было отмечено, что температура почвы здесь колебалась на глубине залегания семян сорго (5 см) в среднем от 16,8 до 17,6°C, на 10 см от 16,2 до 17,3°C и на 15 см от 15,4 до 16,3°C. При таком температурном режиме

и отсутствии осадков всходы сорго зернового появились в среднем за 8...12 дней.

Полевая всхожесть семян по всем вариантам была выше, чем у контрольных растений на 0,2...16,7 % по обоим сортам, за исключением препарата Доспех, где разница по всхожести по сравнению с контролем чаще снижалась на 5,5...8,3 %.

На 20-й день от появления всходов был проведен учет высоты растений сорго зернового, по вариантам изучения который показал, что среди испытуемых фунгицидов наибольший стимулирующий эффект показали варианты с применением ТМТД, Витарос, Селест Макс и Максим на обоих сортах (табл. 1).

Таблица 1. Влияние протравителей на посевные качества и ростовые процессы семян сорго зернового в полевых условиях (среднее 2020-2022 гг., уч. 1)

Вариант обработки семян	Посевные качества		Температура почвы, °C (глубина измерения, см)		
	Полевая всхожесть, %	Высота растений, см (на 20-й день после всходов)	5	10	15
сорт Рось					
Контроль	83,9	35,1	17,2	16,7	15,5
Селест Макс	85,5	37,2			
ТМТД	90,1	40,4			
Максим	85,2	35,6			
Доспех	76,9	33,1			
Витарос	86,1	37,4			
сорт Кинельское-63					
Контроль	80,2	33,2	17,2	16,7	15,5
Селест Макс	80,4	36,9			
ТМТД	93,6	38,8			
Максим	86,1	37,1			
Доспех	83,2	32,8			
Витарос	91,9	37,4			

На сорте Рось протравители Селест Макс, Витарос и ТМТД способствовали увеличению высоты растений на 6,0...15,1 % по сравнению с контролем.

Варианты опыта ТМТД, Селест Макс, Максим и Витарос имели ростостимулирующий эффект - в плане увеличения высоты растений на сорте Кинельское

4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений (сельскохозяйственные науки)

63 на 11,1...16,9 % в сравнение с вариантом без предпосевной обработки семян. Препарат Доспех способствовал также и снижению высоты растений на 1,2...5,7 % по обоим сортам на этом участке.

Второй участок в ходе проведения исследований отличался пониженным рельефом. Температура почвы на этом участке была несколько ниже, чем на первом и составила на глубине залегания семян сорго от 15,4 до 15,5°C, на глубине 10 см от 14,9 до 15,1°C и на 15 см от 14,3 до 14,5°C. В таких условиях

всходы сорго зернового появились несколько раньше.

Однако полевая всхожесть семян на этом участке была несколько ниже, чем на первом, но также, как и на первом участке, по всем вариантам отмечалось ее повышение по сравнению с контролем на 0,5...10,6 % по обоим сортам, исключение опять же составлял вариант с применением обработки Доспехом, где всхожесть по сравнению с контролем чаще снижалась на 5,5...5,6 % (табл. 2).

Таблица 2. Влияние протравителей на посевные качества и ростовые процессы семян сорго зернового в полевых условиях (среднее за 2019-2022 гг., уч. 2)

Вариант обработки семян	Посевные качества		Температура почвы, °C (глубина измерения, см)		
	Полевая всхожесть, %	Высота растений, см (на 20-й день после всходов)	5	10	15
сорт Рось					
Контроль	85,1	34,9	15,5	15,0	14,4
Селест Макс	85,5	37,6			
ТМТД	89,8	39,6			
Максим	90,3	38,2			
Доспех	80,4	30,2			
Витарос	90,2	40,6			
сорт Кинельское-63					
Контроль	85,1	34,4	15,5	15,0	14,4
Селест Макс	84,5	38,4			
ТМТД	93,8	41,8			
Максим	88,5	39,0			
Доспех	80,3	37,4			
Витарос	94,1	40,9			

Измерения растений по первоначальному росту сорго зернового на 20-й день от появления всходов на втором участке показали, что среди испытанных фунгицидов наибольшей стимулирующий эффект имели варианты с применением Витарос, Максим и ТМТД на сорте Рось и варианты ТМТД и Витарос на сорте Кинельское 63.

Был отмечен стимулирующий эффект на рост растений у сорта Рось по вариантам с применением Максим, ТМТД и Витарос от 9,5 до 16,3 % и на сорте Кинельское 63 на 18,9...21,5 % с применением обработки Витаросом и ТМТД (табл. 2).

Прибавка урожайности зерна была отмечена практически по всем вариантам с применением протравителей на 0,13...0,43 т/га на обоих сортах, за исключением варианта с применением Витароса на сорте зернового сорго Рось, где она снижалась на 9,1 % по сравнению с контролем. Наибольшая прибавка была отмечена по вариантам с предпосевной обработкой ТМТД, где она достоверно превысила контроль по сортам на 0,38...0,43 т/га. В вариантах с обработкой Витаросом урожайность снижалась незначительно (-0,22 т/га) по сорту Рось и в пределах ошибки опыта (0,13 т/га) по сорту Кинельское 63 (табл. 3).

Таблица 3. Урожайность зерна сорго в зависимости от приемов предпосевной обработки семян, т/га

Сорт	Вариант опыта						НСР ₀₅
	Контроль	Селест Макс	ТМТД	Максим	Доспех	Витарос	
Рось	2,43	2,63	2,86	2,67	2,62	2,21	0,21
Кинельское 63	2,23	2,50	2,61	2,54	2,52	2,36	0,24

Максимальная урожайность в опытах отмечена на сорте зернового сорго Рось с предпосевной обработкой семян ТМТД, где она составила в среднем 2,86 т/га.

Обсуждение

Большое внимание необходимо уделять оздоровлению семян, которые часто являются основным источником распространения целого ряда заболеваний [4, 5]. Одним из способов оздоровления является предпосевное протравливание фунгицидами и

комбинированными препаратами. Известно, что многие фунгициды, помимо своего основного действия на возбудителей грибных болезней, также обладают различной степенью фитотоксичности и оказывают стимулирующее и регулирующие действия на рост и развитие самих растений, которые в свою очередь отражаются на их урожайности. В частности, есть достаточно распространенное мнение, что широко применяемые против возбудителей болезней триазолы обладают низкой фитотоксичностью,

что согласно различным публикациям не совсем так, и их применение может повреждать фотосинтетический аппарат и вызывать различные изменения в развитии растений, как положительные, так и отрицательные [17, 25].

Анализ проведенных нами лабораторных и полевых исследований на 2 сортах сорго зернового показывает, что применение препаратов приводило к изменению энергии прорастания, всхожести и роста проростков на начальных стадиях развития. Было отмечено, что чаще изучаемые препараты несколько стимулируют такие показатели, как энергия прорастания и всхожесть семян, за исключением препарата Доспех, по которому выявлено некоторое снижение энергии прорастания (1,5...3,4%), всхожести лабораторной (1,1%) и полевой (5,5 8,3%), а также подавление первоначального роста проростков. Следует заметить, что действующим веществом фунгицида Доспех является тебуконазол, который согласно исследованиям различных авторов, обладает наибольшим подавляющим действием на всхожесть и рост побегов [17, 25]. Нашими исследованиями это также подтверждается. Соответственно необходимо учитывать, что при обработке партий семян с низкими посевными качествами протравливание этим препаратом будет способствовать снижению всхожести. Положительное влияние исследованных препаратов проявилось и в увеличении урожайности (до 0,43 т/га).

Необходимо использовать новые подходы к объективной оценке эффективности применяемых фунгицидов, которые включают такие показатели, как активность фотосинтетических и ферментативных процессов, содержание микроэлементов в тканях обработанных растений, количество сухого вещества, интенсивность ростовых процессов и использовать их не только по прямому назначению с целью подавления (уничтожения) инфекции, но и как вещества, стимулирующие рост и развитие

растений, повышающие их устойчивость к стрессовым факторам и соответственно урожайность.

Считаем, что при выборе протравителя для обработки семян сорго зернового необходимо учитывать возможный фитотоксический эффект от его применения в определённых условиях и для определенной партии семян.

Заключение

Проведенные лабораторные и полевые исследования в условиях Самарского региона показали, что протравители семян по-разному влияют на энергию прорастания, всхожесть и дальнейший рост проростков сорго зернового.

А именно: в лабораторных условиях на сорте Рось в результате оценки влияния различных фунгицидов на ростовые процессы растений сорго зернового была отмечена наибольшая интенсивность их развития в вариантах с применением Витарос и ТМТД, а на сорте Кинельское 63 - ТМТД, Селест Макс и Витарос. Стоит отметить, что системный препарат Доспех на начальных стадиях развития несколько подавляет рост растений по сравнению с контролем и другими протравителями на сортах Рось и Кинельское 63, но повышает урожайность семян за счет своего многостороннего действия.

В полевых условиях на 20-й день от появления всходов сорго наибольший стимулирующий эффект показали препараты Витарос, Максим и ТМТД на сорте Рось и варианты с обработкой ТМТД и Витарос - на сорте Кинельское 63. Наилучшими показателями урожайности зерна отличались варианты с обработкой ТМТД и Максим, где они достоверно превысили контроль по сортам на 0,38...0,43 т/га и 0,24...0,31 т/га соответственно.

Протравители ТМТД, Селест Макс и Максим могут быть рекомендованы для обработки посевного материала сорго зернового с целью защиты от заражения грибами *Alternaria sp.*, *Fusarium sp.*, *Nigrospora sp.* и *Cercospora sorghi* и повышения урожайности и качества зерна.

Литература

1. Урожайность сорго травянистого в зависимости от метеорологических условий / Н. А. Ковтунова, В. В. Ковтунов, А. Е. Романюкин и др. // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022. № 23 (3). С. 334-342. doi: 10.30766/2072-9081.2022.23.3.334-342.
2. Матвиенко Е. В. Посевные площади, валовые сборы и урожайность сорго в России и Самарской области // Аграрный вестник Урала. 2019. № 12 (191). С. 9-18. doi: 10.32417/1997-4868-2019-191-12-9-18.
3. Влияние различных препаратов на продуктивность и качественные показатели ячменя / Д. Т. Миникаев, М. Ю. Гилязов, Е. А. Прищепенко и др. // Ученые записки КГАВМ им. Н.Э. Баумана. 2021. №4. С.145-149. doi: 10.31588/2413-4201-1883-248-4-145-150.
4. Богапов И. М., Кибальник О. П. Болезни сахарного сорго в условиях Северного Казахстана // Научное обеспечение устойчивого развития агропромышленного комплекса в условиях аридизации климата: Сборник материалов III Международной научно-практической конференции ФГБНУ РосНИИСК «Россорго». Саратов: Амирит, 2023. С. 20-24.
5. Землянов А. Н., Землянов В. А. Технологический комплекс и его влияние на фитосанитарное состояние посевов сорго // Научный журнал КубГАУ. 2012. № 83 (09). С. 396-408.
6. Шевцова М. С., Ашмарина Л. Ф. Оценка сортов суданской травы на устойчивость к красно-бурому бактериозу на юге Средней Сибири // Кормопроизводство. 2018. № 8. С. 20-23.
7. Заражаемость сорго грибковыми заболеваниями в Саратовском Правобережье / В. И. Старчак, Д. А. Степанченко, Ю. В. Бочкарева и др. // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. 2022. № 6.

Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2022/6/st_603.pdf. (дата обращения: 15.06.2023). doi: 10.51419/202126603.

8. Защита зерновых культур от болезней / А. Ю. Кекало, В. В. Немченко, Н. Ю. Заргарян и др. // Куртамыш: ООО «Куртамышская типография», 2017. 172 с.

9. Нафиков М. М., Нигматзянов А. Р. Влияние расчетных доз удобрений и инкрустации семян на формирование урожая сорго // Проблемы инновационного развития АПК: кадры, технологии, эффективность: Сб. научных статей. Казань, 2017. С. 226–232.

10. Захаренко В. А. Экономическая целесообразность системы защиты зерновых культур в России // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 7. С. 5–8. doi: 10.24411/0235-2451-2018-10701.

11. Эффективность супрамолекулярных комплексов тебуконазола с растительными метаболитами при выращивании яровой пшеницы / Н. Г. Власенко, О. И. Теплякова, С. В. Бурлакова и др. // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2018. Т. 48. №5. С. 5–13. doi: 10.26898/0370-8799-2018-5-1.

12. Фунгициды на яровой пшенице в условиях Зауралья / В. В. Немченко, А. Ю. Кекало, Н. Ю. Заргарян // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. № 3. (31) С. 33–35. doi: 10.18286/1816-4501-2015-3-33-37.

13. Парахин Н. В., Лысенко Н. Н. Защита растений в повышении урожайности и качества зерна // Вестник Орловского государственного аграрного университета. 2012. Т.39. № 6.С. 2–7.

14. Сравнение биологических свойств наночастиц серы и известных пестицидов / И. А. Массалимов, Р. Д. Давлетшин, Р. Р. Гайфуллин и др. // Башкирский химический журнал. 2013. Т.20. № 3. С. 142–144.

15. Tietjen K. Contribution of plant responses to efficacy of fungicides – A respective. In: Modern Fungicides and Antifungal Compounds. Ed. by H.B. Deising, B. Fraaije, A. Mehl, et al. // Deutsche Phytomedizinische Gesellschaft, Braunschweig. 2017. Vol. VIII. P. 33–50.

16. Winter wheat grain yield response to fungicide application is influenced by cultivar and rainfall / E. Vyamukama, S. Ali, J. Kleinjan, et al. // Plant Pathology Journal. 2019. Vol. 35. No. 1. P. 63–70. doi: 10.5423/PPJ.OA.04.2018.0056.

17. Физиологические эффекты действия на растения фунгицидов триазольной природы / Т. П. Побежимова, А. В. Корсукова, Н. В. Дорофеев и др. // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2019. Т.9. № 3. С. 461–476. doi: 10.21285/2227-2925-2019-9-3-461-476.

18. Mahoney K. J., Vyn R. J., Gillard C. L. The effect of pyraclostrobin on soybean plant health, yield, and profitability in Ontario // *Canadian Journal of Plant Science*. 2015. 95. P. 285–292. doi: 10.4141/cjps-2014-125.

19. Ajigboye O. O., Murchie E., Ray R. V. Foliar application of isopyrazam and epoxiconazole improves photosystem II efficiency, biomass and yield in winter wheat // *Pesticide Biochemistry and Physiology*. 2014.114. P. 52–60. doi: 10.1016/j.pestbp.2014.07.003.

20. Quantifying the non-fungicidal effects of foliar applications of fluxapyroxad (Xemium) on stomatal conductance water use efficiency and yield in winter wheat / J. Smith, H. Grimher, S. Waterhouse, et al. // *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences*. 2013. Vol. 78. P.523–535.

21. Swoboda C., Pedersen P. Effect of fungicide on soybean growth and yield // *Agronomy Journal*.2009. Vol. 101. P.352–356.

22. Bertelsen J. R., Neergaard E. de, Smedegaard-Petersen V. Fungicidal effects of azoxystrobin and epoxiconazole on phyllosphere fungi, senescence and yield of winter wheat // *Plant Pathology*. 2001. Vol. 50. P.190–205.

23. Berdugo C. A. Effect of bixafen on senescence and yield formation of wheat / C. A. Berdugo, U. Steiner, H-W. Dehne, et al. // *Pesticide Biochemistry and Physiology*. 2012. Vol. 104. No. 3. P. 171–177.

24. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. Часть I ПЕСТИЦИДЫ. Москва. 2019–2022 гг. Официальное издание.

25. Санеева Е. А., Зорькина О. В., Нефедьева Е. Э. Исследование фитотоксического действия тебуконазола, протиоконазола, флудиоксонила и препаратов на их основе на энергию прорастания и рост проростков пшеницы и горчицы белой // *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2022. Т.14. № 5. С. 166–186. doi: 10.12731/2658-6649-2022-14-5-166-186.

References

1. Productivity of grass sorghum depending on meteorological conditions / N. A. Kovtunova, V. V. Kovtunov, A. E. Romanyukin et al. // *Agrarian Science of the Euro-North-East*. 2022. No. 23 (3). P.334–342. doi: 10.30766/2072-9081.2022.23.3.334-342.

2. Matvienko E.V. Sown areas, gross yields and yields of sorghum in Russia and Samara region // *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2019. No. 12 (191). P.9–18. doi: 10.32417/1997-4868-2019-191-12-9-18.

3. The influence of various products on productivity and quality parameters of barley / D. T. Minikaev, M. Yu. Gilyazov, E. A. Prishchepenko, et alt. // *Scientific notes of KSAVM named after N. E. Bauman*. 2021. No. 4. P.145–149. doi: 10.31588/2413-4201-1883-248-4-145-150.

4. Bogapov I. M., Kibalnik O. P. Diseases of sweet sorghum in the conditions of Northern Kazakhstan // *Scientific support for sustainable development of the agro-industrial complex in the conditions of climate aridization: Collection*

of materials of the III International Scientific and Practical Conference of the Federal State Budgetary Institution Russian Research and Design Technological Institute of Sorghum and Corn "Rossorgho". Saratov: Amirit, 2023. P.20-24.

5. Zemlyanov A. N., Zemlyanov V. A. Technological complex and its influence on the phytosanitary state of sorghum crops // Scientific journal of KubSAU. 2012. No. 83 (09). P.396-408.

6. Shevtsova M. S., Ashmarina L. F. Evaluation of Sudanese grass varieties for resistance to red-brown bacteriosis in the south of Central Siberia // Feed production. 2018. No. 8. P.20-23.

7. Infectivity of sorghum with fungal diseases in Saratov Right Bank / V. I. Starchak, D. A. Stepanchenko, Yu. V. Bochkareva, et al. // AgroEcoInfo: Electronic scientific and production journal. 2022. No. 6. Access mode: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2022/6/st_603.pdf. (access date: 15.06.2023). doi: 10.51419/202126603.

8. Protection of grain crops from diseases / A. Yu. Kekalo, V. V. Nemchenko, N. Yu. Zargaryan et al. // Kurtamysh: Kurtamysh Printing House, 2017. 172 p.

9. Nafikov M. M., Nigmatzyanov A. R. The influence of calculated doses of fertilizers and seed inlay on formation of sorghum yield // Problems of innovative development of the agro-industrial complex: personnel, technologies, efficiency: Collection of scientific articles. Kazan, 2017. P.226–232.

10. Zakharenko V. A. Economic feasibility of the system for protecting grain crops in Russia // Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. 2018. Vol. 32. No. 7. P. 5-8. doi: 10.24411/0235-2451-2018-10701.

11. Efficiency of supramolecular complexes of tebuconazole with plant metabolites when cultivating spring wheat / N. G. Vlasenko, O. I. Teplyakova, S. V. Burlakova, et al. // Siberian Bulletin of Agricultural Science. 2018. Vol. 48. No. 5. P.5-13. doi: 10.26898/0370-8799-2018-5-1.

12. Fungicides on spring wheat in Trans-Ural conditions / V. V. Nemchenko, A. Yu. Kekalo, N. Yu. Zargaryan // Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy. 2015. Vol. 31. No. 3. P. 33-35. doi: 10.18286/1816-4501-2015-3-33-37.

13. Parakhin N. V., Lysenko N. N. Plant protection in increasing the yield and quality of grain // Bulletin of Oryol State Agrarian University. 2012. Vol. 39. No. 6. P. 2-7.

14. Comparison of biological properties of sulfur nanoparticles and known pesticides / I. A. Massalimov, R. D. Davletshin, R. R. Gaifullin, // Bashkir Chemical Journal. 2013. V.20. No. 3. P.142–144.

15. Tietjen K. Contribution of plant responses to the efficacy of fungicides – A respective. In: Modern Fungicides and Antifungal Compounds. Ed. by H.B. Deising, B. Fraaije, A. Mehl, et al. // Deutsche Phytomedizinische Gesellschaft, Braunschweig. 2017. Vol. VIII. P. 33-50.

16. Byamukama E. Winter wheat grain yield response to fungicide application is influenced by cultivar and rainfall / E. Byamukama, S. Ali, J. Kleinjan, et al. // Plant Pathology Journal. 2019. Vol. 35. No. 1. P. 63-70. doi: 10.5423/PPJ.OA.04.2018.0056.

17. Physiological effects of triazole fungicides on plants / T. P. Pobezhimova, A. V. Korsukova, N. V. Dorofeev, et al. // News of universities. Applied chemistry and biotechnology. 2019. Vol.9. No. 3. P. 461-476. doi: 10.21285/2227-2925-2019-9-3-461-476.

18. Mahoney K. J., Vyn R. J., Gillard C. L. The effect of pyraclostrobin on soybean plant health, yield, and profitability in Ontario // Canadian Journal of Plant Science. 2015. 95. P. 285-292. doi: 10.4141/cjps-2014-125.

19. Ajigboye O. O., Murchie E., Ray R. V. Foliar application of isopyrazam and epoxiconazole improves photosystem II efficiency, biomass and yield in winter wheat // Pesticide Biochemistry and Physiology. 2014. Vol. 114. P.52-60. doi: 10.1016/j.pestbp.2014.07.003.

20. Quantifying the non-fungicidal effects of foliar applications of fluxapyroxad (Xemium) on stomatal conductance water use efficiency and yield in winter wheat / J. Smith, H. Grimher, S. Waterhouse, et al. // Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences. 2013. Vol. 78. P.523-535.

21. Swoboda C., Pedersen P. Effect of fungicide on soybean growth and yield // Agronomy Journal. 2009. Vol. 101. P.352-356.

22. Bertelsen J. R., Neergaard E. de, Smedegaard-Petersen V. Fungicidal effects of azoxystrobin and epoxiconazole on phyllosphere fungi, senescence and yield of winter wheat // Plant Pathology. 2001. Vol. 50. P.190-205.

23. Effect of bixafen on senescence and yield formation of wheat / C.A. Berdugo, U. Steiner, H-W. Dehne, et al. // Pesticide Biochemistry and Physiology. 2012. Vol. 104. No.3. P. 171-177.

24. State catalog of pesticides and agrochemicals approved for usage on the territory of the Russian Federation. Part I PESTICIDES. Moscow. 2019-2022 Official publication.

25. Saneeva E. A., Zorkina O. V., Nefedeva E. E. Study of the phytotoxic effect of tebuconazole, prothioconazole, fludioxonil and products based on them on germination energy and growth of wheat and white mustard seedlings // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2022. Vol.14. No. 5. P.166-186. doi: 10.12731/2658-6649-2022-14-5-166-186.