

УДК 632.952:631.98:633.1

КОМПОЗИЦИИ ФУНГИЦИДОВ С РЕГУЛЯТОРАМИ РОСТА ДЛЯ УМЕНЬШЕНИЯ РЕТАРДАНТНОГО ДЕЙСТВИЯ ПРОТРАВИТЕЛЕЙ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

© 2023 г. О. В. Зорькина¹, Е. А. Сухова^{2,3}, О. О. Агапова³,
Е. Э. Нефедьева^{2,3,*}, И. Р. Грибуст³, О. В. Колотова^{2,3}

¹ Волгоградский государственный университет
40006 Волгоград, просп. Университетский, 10, Россия

² Волгоградский государственный технический университет
400005 Волгоград просп. им. Ленина, 28, Россия

³ Общество с ограниченной ответственностью «Агро Эксперт Групп»
143421 Московская обл., Красногорский р-н, 26 км автодороги «Балтия»,
п. Михалково, бизнес-центр «Рига Ленд», стр. 6, Россия

*E-mail: nefedieva@rambler.ru

Поступила в редакцию 22.12.2022 г.

После доработки 24.02.2023 г.

Принята к публикации 15.04.2023 г.

Одной из причин снижения урожайности зерна является ретардантное действие фунгицидов. Кроме того, многие фунгициды оказывают токсигенное действие на мицелий гриба. Сочетание в комплексном препарате фунгицида и стимулятора роста растений может способствовать снижению уровня негативного действия пестицида. Предложено вводить в состав протравителей индивидуальные регуляторы роста и их сочетание в дозах 50, 100, 200 г/л протравителя. Длина и масса корня и побега проростков под влиянием протравителя были меньше, чем в контроле, а масса зерновки — больше. Под действием протравителя и гиббереллиновой кислоты длина побега соответствовала контролю, но его масса снизилась. Индолилмасляная кислота, добавленная к протравителю, способствовала эффективному потреблению запасных веществ зерновки и росту корня. Под влиянием протравителя и дифенилмочевины длина и масса побега значительно и сбалансированно увеличились. Композиция из протравителя и названных регуляторов роста в минимальных дозах наилучшим образом из всех вариантов повлияла на рост корня и побега. Следует отдать предпочтение низким дозам фитогормонов и их сочетанию.

Ключевые слова: пшеница *Triticum aestivum* L., гиббереллиновая кислота, индолилмасляная кислота, дифенилмочевина, салициловая кислота, имидазолы, стробилурины, триазолы.

DOI: 10.31857/S0002188123070128, **EDN:** OG1NND

ВВЕДЕНИЕ

Среди различных приемов, позволяющих защитить культуру от болезней, наиболее экономичным и экологически безопасным является протравливание [1].

Одной из причин возможного снижения урожайности зерна является ретардантное действие фунгицидов на длину coleoptilia и развитие всходов [2]. Препараты Скарлет (имазалил 100 г/л + тебуконазол 60 г/л), МЭ, 0.4 л/т, Поларис (прохлораз 100 г/л + имазалил 25 г/л + тебуконазол 25 г/л), МЭ, 1.5 л/т, Бенефис (имазалил 50 г/л + металаксил 40 г/л + тебуконазол 30 г/л), МЭ, 0.8 л/т, Кинто Дуо (триконазол 20 г/л + прохлораз 60 г/л), КС, 2.5 л/т и Иншур Перформ (триконазол 80 г/л + пираклостробин 40 г/л), КС,

0.6 л/т оказывали ретардантное действие на надземные органы проростков и рост первичных корней [2]. Ципроконазол тормозил рост побега, а флудиоксонил ингибировал рост только в высоких дозах, к 8-м сут прорастивания ингибирование роста проростков пшеницы прекращалось [3]. Ципроконазол обладает существенным подавляющим действием на всхожесть и рост побегов. Протиоконазол оказывает умеренное ретардантное действие. Наименьший ретардантный эффект на растения оказывает прохлораз. При выборе протравителя и разработке комбинированных препаратов следует учитывать возможный ретардантный эффект, зависящий от дозы протравителя [4].

Кроме ретардантного, многие фунгициды оказывают токсигенное действие на мицелий фитопатогенного гриба [5]. Применение фунгицидов

способствует торможению роста мицелия, но известно, что стробилурины способствуют выработке микотоксинов фитопатогенными грибами [6]. Карбендазим и пираклостробин способны ослаблять токсигенные свойства штамма *Fusarium oxysporum*. Смеси карбендазима и азоксистробина (1 : 3 и 3 : 3) снижали токсигенность штамма в меньшей степени, чем смеси карбендазима и пираклостробина (1 : 3 и 3 : 3) [5].

Сочетание в комплексном препарате фунгицида и стимулятора роста растений может способствовать снижению уровня негативного действия пестицида и повышению продуктивности растений [7]. Создание композиций на основе фунгицидов, регуляторов роста, микроэлементов, аминокислот и других компонентов, называемых защитно-стимулирующими составами — перспективный подход для комплексной защиты сельскохозяйственных культур [8]. Актуально применение сейфнеров (антидотов, индукторов устойчивости) при создании комплексных протравителей для обработки семян [9, 10].

В комплексной предпосевной обработке семян фунгицидом Винцит с выраженным ингибирующим влиянием на энергию прорастания и всхожесть семян, снижающим темпы роста корней и проростков, эпибрасинолид оказался эффективным для ускорения прорастания и увеличения всхожести семян, эмистим — для стимулирования роста и накопления биомассы. При этом отмечена стабилизация содержания белков различных фракций [11]. Предложены композиции фунгицидов Дивиденд и Фенорам Супер с регуляторами роста растений Гуми-М или салициловой кислотой, характеризующихся четко выраженным ростстимулирующим и антистрессовым действием по отношению к воздействию неблагоприятных факторов среды разной природы, для снижения фитотоксичности химических средств защиты [7]. Доказана целесообразность применения регуляторов роста в баковых композициях с фунгицидами при обработке семян и растений для защиты растений пшеницы от болезней и повышения урожайности. Применение фунгицидов Дивиденд Экстрим КС и Альто Супер КЭ при сниженных нормах расхода в композициях с регуляторами роста Альбит и Авибиф позволило получить тот же эффект, как и использование химических препаратов в полной норме расхода. Данный прием может быть использован для снижения уровня пестицидной нагрузки на агроценоз пшеницы [12]. Включение в состав протравителей на основе тебуконазола, тирама [1] в качестве сейфнера 2-хлор-2-фтор-1-(5-(фуран-2-ил)-2,2-диметиллоксазолидин-3-ил)этанона (в виде смеси диастереомеров) — фурилазола-F1, а также известных антидотов (фурилазола, нафталевого

ангидрида) способствовало увеличению длины проростков и корневой системы по сравнению с контролем (водой) [13]. Нафталевый ангидрид и фурилазол, использованные в составе протравителей для снятия действия почвенных остатков гербицидов, сами могут быть фитотоксикантами, поэтому важно правильно выбирать их оптимальные дозы в протравителе [13]. Цель работы — выбор диапазона доз фитогормонов для включения в состав трехкомпонентного фунгицидного протравителя для семян с выраженными ретардантными свойствами для снижения негативного действия.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Использовали зерновки пшеницы сорта Авеста. Авеста® — сорт мягкой озимой пшеницы (*Triticum aestivum* L.), разновидность — лютесценс, полукарликовый, высота растения 65 см, устойчив к полеганию, среднеранний. Включен в Госреестр для Северо-Кавказского региона, вегетационный период — 226–278 сут, созревает в сроки, близкие к стандартному сорту Зерноградка 10. Засухоустойчивость сорта — на уровне стандарта, зимостойкость — выше средней, устойчив к весенним заморозкам. Масса 1000 зерен — 35–47 г, средняя урожайность в регионе — 47.0 ц/га. Сорт восприимчив к твердой головне, бурой ржавчине, септориозу, в полевых условиях мучнистой росой поражен средне.

Зерновки пшеницы обрабатывали протравителем с выраженными ретардантными свойствами, в состав которого входили представители имидазолов, стробилуринов, триазолов.

После обработки зерновок протравителем с физиологически активными добавками проводили определение лабораторной всхожести по ГОСТ 12038-84.

При учете энергии прорастания и всхожести отдельно подсчитывали нормально проросшие, набухшие, твердые, которые составили непроросшие семена и ненормально проросшие — невсхожие семена. За результат анализа принимали среднее арифметическое результатов определения всхожести всех проанализированных проб. Определяли длину корня и побега проростков и сухую массу побега, корня и зерновки проростка гравиметрическим методом.

Эксперименты проводили в четырехкратной повторности. Полученные результаты подвергали статистической обработке. Рассчитывали среднюю арифметическую (M), среднее квадратическое отклонение (δ), ошибку репрезентативности средней арифметической (m_m), t -критерий Стьюдента. Оценку достоверности разницы проводили с помощью сравнения полученной величины со стандартным t_{cm} .

Для предварительной оценки к протравителю (П+) в дозе 1 л/т добавляли гормоны в дозах 50, 100, 200 г/л протравителя (или 50, 100, 200 г/т). Использовали как индивидуальные гормоны, так и их сочетание (гиббереллиновая кислота — ГА, индолилмасляная кислота — ИМК, дифенилмочевина — ДФМ) в равных дозах 50, 100, 200 г/л (обозначено на рисунках Горм 50, 100, 200), а также в их сочетании с салициловой кислотой в равных дозах (обозначено на рисунках Горм + Ск 50, 100, 200). Параллельно исследовали влияние водных растворов сочетания фитогормонов (В+).

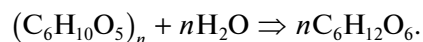
РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Энергия прорастания и всхожесть практически не отличались. Под действием протравителя (рис. 1а) энергия прорастания уменьшилась на 12% относительно контроля. Положительное влияние оказали добавки ГА в концентрациях 50 и 100 г/л, ДФМ 100 и 200 г/л, салициловой кислоты 50 и 100 г/л и особенно ИМК 50 и 100 г/л.

Протравитель оказал существенное тормозящее влияние на рост проростков (рис. 1б). Фитогормоны способствовали росту корня (кроме салициловой кислоты) в сочетании с протравителем. Рост побега усилился под действием ГА 50 и ДФМ 50. ИМК и салициловая кислота не способствовали росту побега. Динамика изменения роста проростков указывала на то, что дозы гормонов 100 и 200 г/л протравителя явно избыточны, они способствовали торможению роста по сравнению с дозами 50 г/л протравителя. Иногда под действием ИМК наблюдали скручивание основания побега проростков. При совместном применении отмечен только эффект ингибирования роста при увеличении дозы, свидетельствующий о необходимости снижения количества гормонов. Водные растворы фитогормонов в дозах 50 г/л не оказали существенного влияния на рост проростков, а в более высоких дозах также ингибировали рост.

Для уточнения взаимоотношений между зерновкой как донором запасных питательных веществ и проростком как акцептором определяли изменение сухой массы частей проростка (4-е сут). Протравитель способствовал тому, что убыль массы зерновки и рост проростка замедлились (рис. 1в). Это явление может быть следствием нарушения межорганной сигнализации, в том числе гормональной. В целом масса проростка не изменилась, следовательно, на интенсивность дыхания (при котором происходит убыль сухого вещества) на данном этапе (4-е сут) протравитель влиял незначительно.

Увеличение массы зерновки под влиянием ГА 50 происходило за счет усиления гидролиза запасных веществ — это важнейшая функция гиббереллинов при прорастании семян [14]. В частности, при полном гидролизе крахмала в состав сухого вещества может включиться масса воды, составляющая 11.1% от массы крахмала:



Помимо крахмала, гидролизу могут подвергаться другие полимерные вещества. Рост побега зародыша был несколько заторможен, потребление питательных веществ (и, возможно, дыхание) отставало от их образования. Такое явление нежелательно, могут происходить “перекорм”, торможение реакций гидролиза, дыхания, гликозилирование и разрушение важных белков. Все факты свидетельствовали о необходимости снижения дозы и применения дополнительных регуляторов роста. Более высокие дозы ГА нежелательны из-за замедления роста проростка.

ИМК 50, добавленная к протравителю, способствовала более эффективному потреблению питательных веществ и росту зародышевых органов по сравнению с протравителем, но показатели не изменились до уровня контроля. В частности, масса зерновки была достаточно высокой, т.к. ауксины также способствуют гидролизу запасных веществ. Более высокие дозы ИМК нежелательны, масса зерновки увеличивается, а усиления роста проростка не наблюдали.

ДФМ 50, добавленная к протравителю, также способствовала увеличению массы зерновки, при этом рост побега усиливался, но рост корня происходил медленнее, чем в контроле, но активнее, чем под влиянием протравителя. Применение более высоких доз не приводило к улучшению показателей.

Салициловая кислота активировала рост незначительно. Она выполняет функции защиты от инфекции и адаптогена. Высокие дозы салициловой кислоты (200 г/л) нежелательны для совместного применения с протравителем.

Совместное применение ГА, ДФМ, ИМК в дозе 50 г/л способствовало более эффективной утилизации запасных питательных веществ, чем под влиянием протравителя, но существенно не повлияло на рост проростка. Водный раствор этих гормонов в дозе 50 г/л способствовал усилению гидролиза питательных веществ; их отток и рост проростка примерно соответствовали контролю. Применение более высоких доз гормонов было нецелесообразным. Добавка салициловой кислоты способствовала замедлению оттока веществ из зерновки, но приводила и к накоплению массы

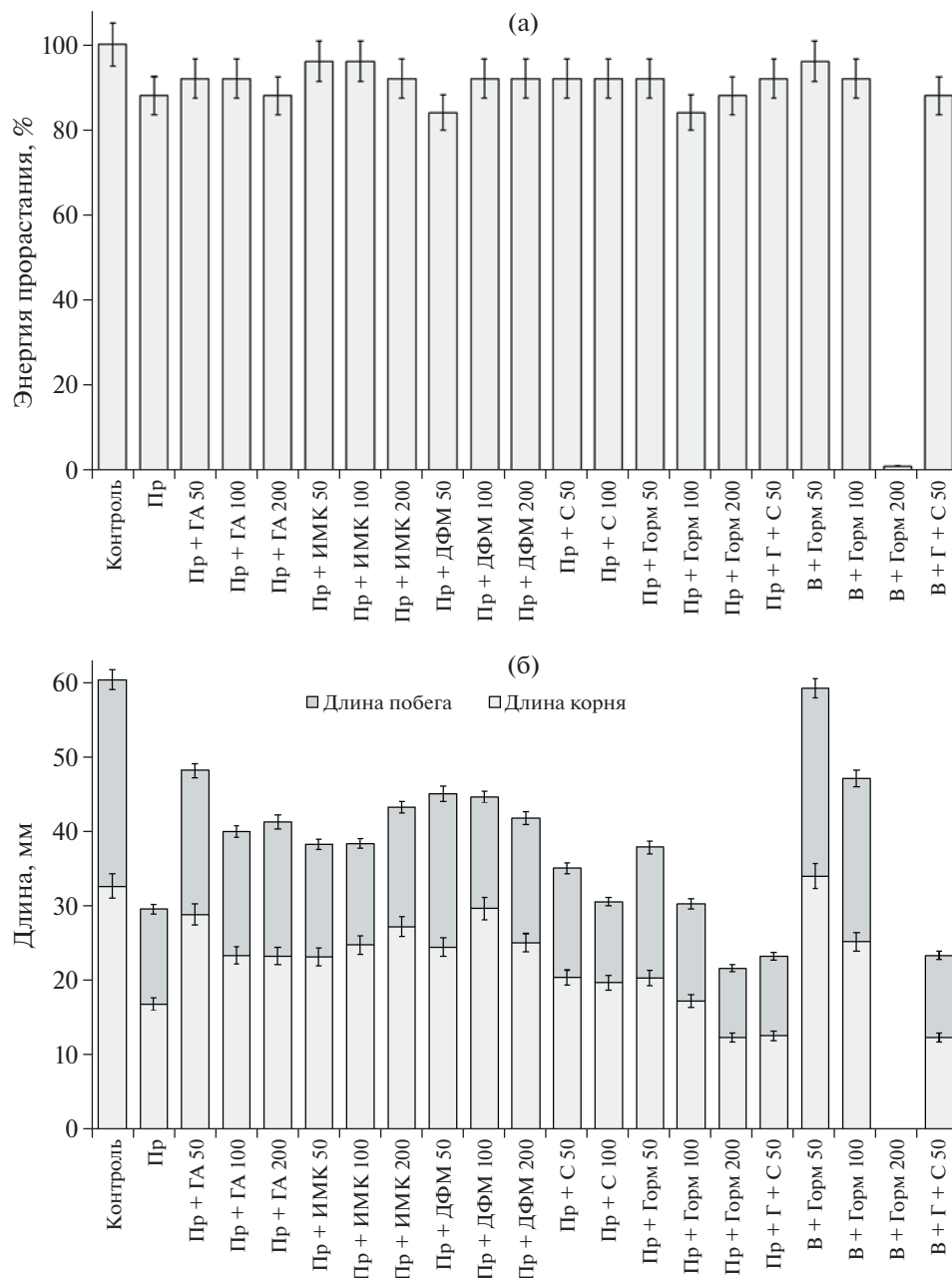


Рис. 1. Влияние фитогормонов и протравителя (Пр) на: (а) – энергию прорастания, (б) – длину проростков, (в) – массу частей проростков (4-е сут) пшеницы сорта Авеста.

проростка. Длина проростка была меньше, чем в контроле и других вариантах опыта. Формировались укороченные коренастые проростки, такой габитус обычно свидетельствует о высокой устойчивости растений к неблагоприятным факторам среды. Однако визуально это явление нежелательно. Следует уменьшать дозы гормонов, отдавая предпочтение не отдельным гормонам, а их сочетанию.

Через 8 сут длина корня и побега проростка, а также их масса (рис. 2) под влиянием протравите-

ля были меньше, чем в контроле. Масса зерновки была больше, чем в контроле, несмотря на то что к 8-м сут полностью формировался фотосинтетический аппарат, и запасные вещества зерновки почти полностью расходовались и переставали быть главным источником питания. Масса целого проростка под влиянием протравителя была меньше, чем в контроле. Следовательно, в проростках усилилось дыхание [15], причем в основном в зародышевых органах проростка. Эти факты указывают на развитие стресса.

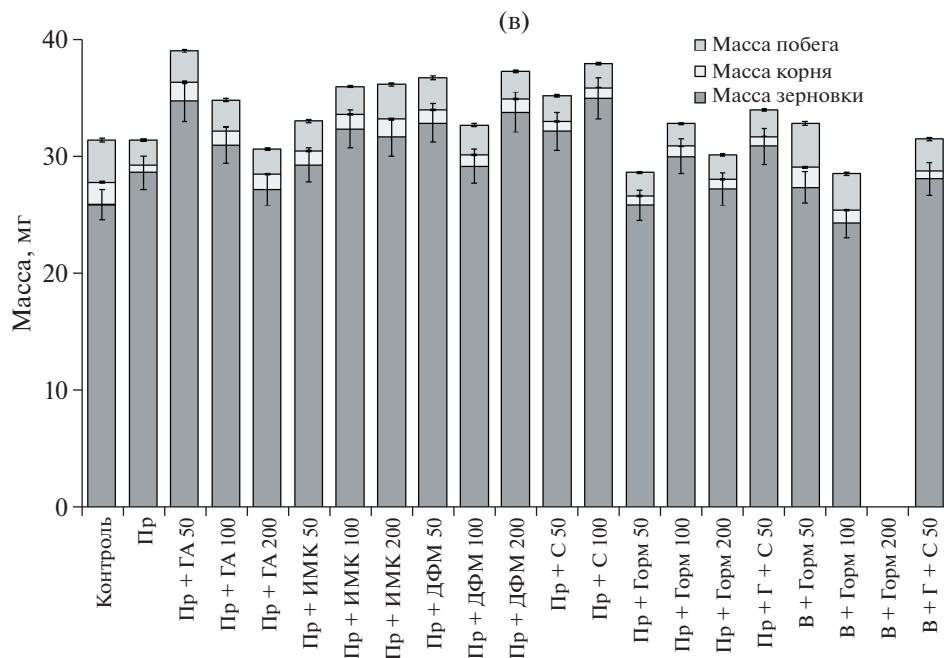


Рис. 1. Окончание.

Под влиянием протравителя и ГА длина побега во всех вариантах (8-е сут) практически соответствовала контролю, но масса побега была меньше, проростки вытягивались в длину, выглядели несколько субтильно. Длина и масса корня соответствовали варианту с обработкой протравителем, ГА не оказал влияния на рост корня. Запасные вещества зерновки расходовались несколько более значительно, чем в варианте с обработкой протравителем. Увеличение дозы ГА от 50 до 200 г/л было нецелесообразным.

Под влиянием протравителя и ИМК длина и масса побега во всех вариантах (8-е сут) были больше, чем в варианте с обработкой протравителем, но меньше контроля. ИМК незначительно способствовала росту корня, а также расходованию питательных веществ из зерновки.

Под влиянием протравителя и ДФМ длина и масса побега во всех вариантах (8-е сут) значительно и сбалансированно увеличились. ДФМ незначительно способствовала росту корня и не влияла на расход питательных веществ из зерновки.

Под влиянием протравителя и салициловой кислоты также несколько увеличились длина и масса побега. Салициловая кислота не повлияла на рост корня и на расход питательных веществ из зерновки.

Композиция из ГА, ИМК, ДФМ 50 и протравителя наилучшим образом из всех вариантов повлияла на рост корня. Рост побега в длину и его масса также были больше, чем в варианте с обработкой

протравителем. Увеличение дозы гормонов способствовало более полному исчерпанию запасных питательных веществ зерновки, но не оказало желательного стимулирующего влияния на рост.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Фунгициды, рекомендованные для применения в сельском хозяйстве, способны сами оказывать ретардантное действие, а также способствовать выработке фитотоксинов фитопатогенными грибами, присутствующими в растении. Длина и масса корня и побега проростков под влиянием протравителя были меньше, чем в контроле, а масса зерновки — больше, что указывает на нарушение утилизации запасных веществ зерновки.

Введение в состав комплексного препарата индивидуальных регуляторов роста — ГА, ИМК, ДФМ, салициловой кислоты и их сочетаний в дозах 50, 100, 200 г/л протравителя способствовало снижению уровня негативного действия пестицида.

Под действием протравителя и ГА длина побега соответствовала контролю, но его масса снизилась. ИМК, добавленная к протравителю, способствовала эффективному потреблению запасных веществ зерновки и росту корня. Под влиянием протравителя и ДФМ длина и масса побега значительно и сбалансированно увеличились. Композиция из протравителя и ГА, ИМК, ДФМ в минимальных дозах наилучшим образом из всех вариантов повлияла на рост корня и побега.

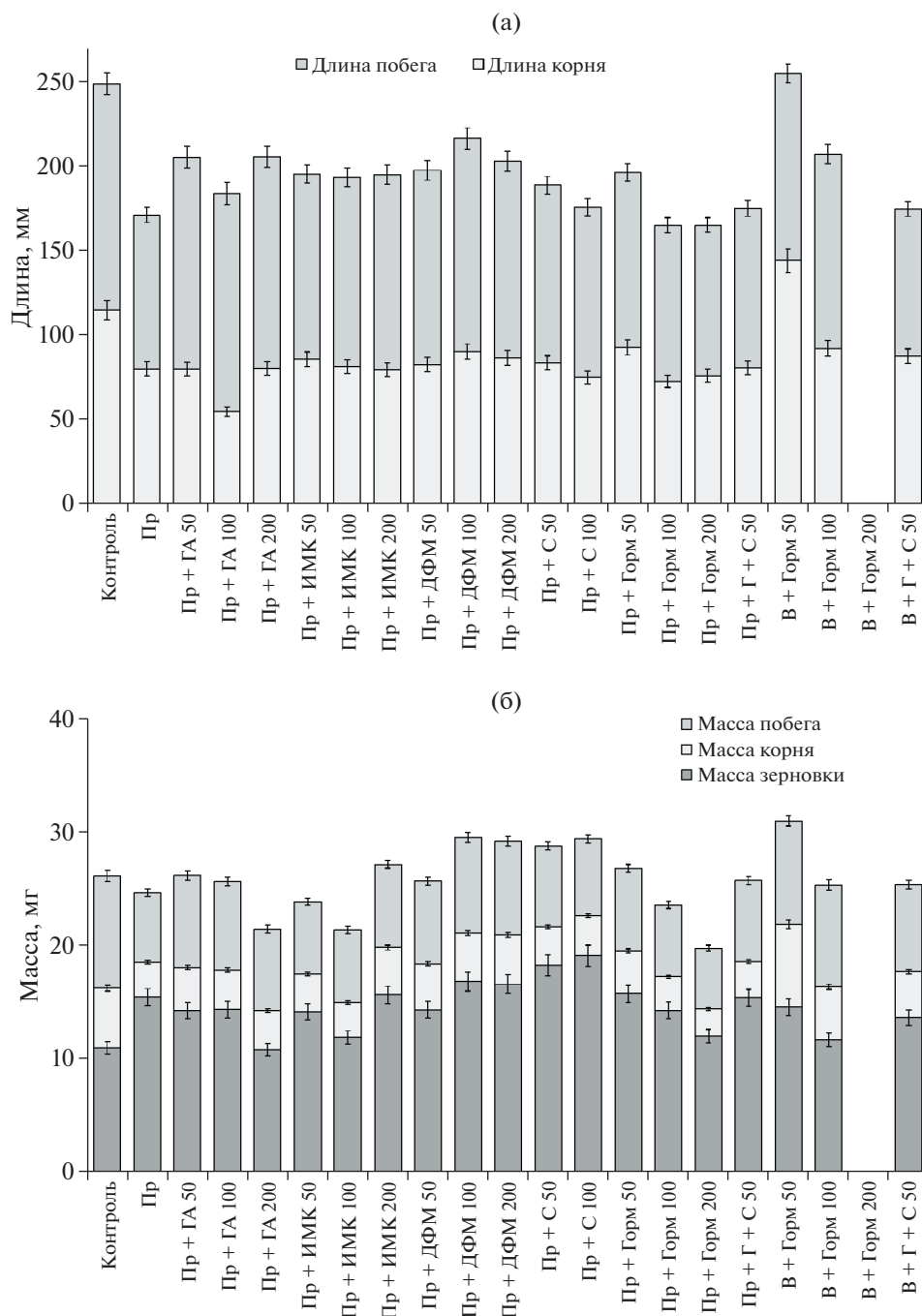


Рис. 2. Влияние фитогормонов и протравителя на: (а) — длину проростков, (б) — массу частей проростков (8-е сут) пшеницы сорта Авеста.

Применение фитогормонов в высоких дозах представляет определенный риск. Большинство гормонов обладают полимодальным действием, их влияние может быть как стимулирующим, так и ингибирующим в зависимости от дозы. Семена разного вида, сорта, класса и жизнеспособности неодинаково реагируют на одни и те же дозы фитогормонов. Следует отдать предпочтение низким дозам фитогормонов и их сочетанию. Зада-

чей следующего этапа исследований должно стать изучение влияния на прорастание зерновок меньших доз фитогормонов и их сочетаний в составе протравителей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Долженко В.И., Котикова Г.Ш., Здрожевская С.Д., Гришечкина Л.Д., Буркова Л.А., Герасимова А.В., Силаев А.И., Милютенкова Т.И., Белых Е.Б. Про-

- травливание семенного материала: рекомендации. М. СПб.: Изд-во Агрорус, 2003. 61 с.
2. Порсев И.Н., Торопова Е.Ю., Малинников А.А. Эффективность протравителей семян в ограничении корневых гнилей яровой пшеницы // Защита и карантин раст. 2016. № 2. С. 24–25.
 3. Неведьева Е.Э., Зорькина О.В., Гераськин С.А., Белопухов С.Л. Влияние различных соотношений азоксистробина, протиоконазола и прохлораза на токсигенные свойства фитопатогенных грибов // Бутлеровские сообщ. 2021. Т. 65. № 1. С. 98–104.
 4. Байбакова Е.В., Неведьева Е.Э., Белопухов С.Л. Исследование влияния современных протравителей на всхожесть и рост проростков зерновых культур // Изв. вузов. Прикл. хим. и биотехнол. 2016. Т. 6. № 3 (18). С. 57–64.
 5. Байбакова Е.В., Неведьева Е.Э., Белицкая М.Н., Грибуст И.Р., Косогорина М.Д., Севрюкова Г.А. Influence of fungicides on toxigenic properties of phytopathogenic fungi // BIO Web of Conf. 2020. Т. 23. С. 6.
 6. Ellner F.M. Results of long-term field studies into the effect of strobilurin containing fungicides on the production of mycotoxins in several winter wheat varieties // Mycotoxin Res. 2005. № 21. P. 112–115.
 7. Исаев Р.Ф., Шакирова Ф.М., Безрукова М.В., Сахабудинова А.Р., Фатхутдинова Р.А., Авальбаев А.М., Аллагулова Ч.Р., Гулязетдинов Ш.Я., Масленникова Д.Р. Использование композиций фунгицидов с регуляторами роста для повышения продуктивности пшеницы // Аграрн. наука. 2005. № 4. С. 26–27.
 8. Тютеев С.Л. Научные основы индуцированной болезнестойчивости растений. СПб., 2002. 328 с.
 9. Халиков С.С., Голубев А.С., Коротов Н.А., Чкаников Н.Д., Спиридонов Ю.Я. Инновационные протравители с антидотным действием // Агрохимия. 2017. № 4. С. 22–25.
 10. Голубев А.С., Коротов Н.А., Федоровский О.Ю., Спиридонов Ю.Я., Чкаников Н.Д. Фторсодержащие аналоги промышленного антидота фурилазол // Агрохимия. 2017. № 6. С. 62–67.
 11. Богуславская Н.В. Способы снижения фитотоксического действия фунгицидов на ранних этапах онтогенеза ячменя (снижение фитотоксичности винцита с помощью регуляторов роста Эмистим С и эпибрасинолида) // Экол. безопасность в АПК. Реферат. журн. 2009. № 3. С. 756.
 12. Дубровская Н.Н. Эффективность баковых композиций фунгицидов и регуляторов роста на яровой пшенице // Международный. научн.-исслед. журн. 2013. № 9–2(16). С. 6–7.
 13. Спиридонов Ю.Я., Чичварина О.А., Голубев А.С., Чкаников Н.Д., Халиков С.С. Инновационные протравители с антидотным действием. Изучение антистрессового действия фурилазола и его производного // Агрохимия. 2018. № 4. С. 45–49.
 14. Неведьева Е.Э., Белопухов С.Л., Верхотуров В.В., Лысак В.И. Роль фитогормонов в регуляции прорастания // Изв. вузов. Прикл. хим. и биотехнол. 2013. № 1. С. 61–66.
 15. Байбакова Е.В., Неведьева Е.Э. Изменения интенсивности дыхания проростков пшеницы под действием азоксистробина и регулятора роста // Вестн. науки и образ-я. 2017. № 12(36). С. 29–32.

Compositions of Fungicides with Growth Regulators which Reduce the Retarding Effect of Crop Protectants

O. V. Zorkina^a, E. A. Sukhova^{b,c}, O. O. Agapova^c, E. E. Nefedieva^{b,c,#},
I. R. Gribust^c, and O. V. Kolotova^{b,c}

^a Volgograd State University
Universitetskiy prosp. 10, Volgograd 400006, Russia

^b Volgograd State Technical University
prosp. Lenina 28, Volgograd 400005, Russia

^c Agro Expert Group Limited Liability Company Riga Land Business Center
bld. 6, Moscow Region, Krasnogorsky district, d. Mikhalkovo 143421, Russia

[#] E-mail: nefedieva@rambler.ru

One of the reasons for the decrease in the yield of crops is the retardant effect of fungicides. In addition, many fungicides have a toxigenic effect on the mycelium of the fungus. The combination of a fungicide and a plant growth stimulant in a complex preparation can help to reduce the level of the negative effect of the pesticide. It is proposed to introduce individual growth regulators and their combination into the composition of the seed protectant in doses of 50, 100, 200 g/l. The length and the weight of the root and shoot of seedlings under the influence of the seed protectant were less than in the control, and the weight of the endosperm of grain was greater. Under the influence of the seed protectant and gibberellic acid, the length of the shoots corresponded to the control, but their weight was decreased. Indolylbutyric acid, added to the seed protectant, contributed to the effective consumption of spare substances of the endosperm of grain and root growth. Under the influence of the protectant and diphenylurea, the length and the weight of the shoot increased significantly in a balanced manner. The composition of the protectant and the named growth regulators in minimal doses affected the growth of the roots and shoots in the best way of all variants. Preference should be given to low doses of phytohormones and their combination.

Keywords: *Triticum aestivum* L., gibberellic acid, indolyl butyric acid, diphenylurea, salicylic acid, imidazoles, strobilurines, triazoles.