

УДК 631.811.982:632.95

ЗАЩИТНОЕ ДЕЙСТВИЕ 24-ЭПИБРАССИНОЛИДА В КОМПЛЕКСЕ С ПЕСТИЦИДАМИ

© 2015 г. Л.П. Воронина¹, Н.Н. Малеванная², Л.К. Батурина³,
Т.И. Хуснетдинова³, А.М. Фролова¹

¹Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, факультет почвоведения, кафедра агрохимии и биохимии растений

119991 Москва, ГСП-1, Ленинские горы, 1, стр. 12, Россия

²Некоммерческое научно-производственное партнерство "НЭСТ М"

127550 Москва, ул. Прянишникова, 31а, Россия

³Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, факультет почвоведения, кафедра общего земледелия и агроэкологии

119991 Москва, ГСП-1, Ленинские горы, 1, стр. 12, Россия

E-mail: luydmila.voronina@gmail.com

Поступила в редакцию 27.01.2015 г.

Оценена возможность использования стероидного фитогормона 24-эпибрасинолида и препаратов на его основе для снижения токсического действия, которое оказывают пестициды на растения, что обосновывает необходимость их совместного использования.

Ключевые слова: защитное действие, 24-эпибрасинолид, пестициды.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время большое внимание уделяется производству продуктов питания, безопасных для здоровья человека. В связи с этим необходимо изучение препаратов, имеющих протекторное действие от неблагоприятных факторов при выращивании сельскохозяйственной продукции. К ксенобиотикам, обладающим побочным эффектом, относят пестициды, которые выступают в качестве стрессового агента [1]. Для снижения их побочного действия на растения прибегают к приему их совместного использования с биологически активными веществами (БАВ) [2]. Они способствуют снижению накопления в растениях остатков пестицидов, нитратов, солей тяжелых металлов [3], а также включают механизм саморегулирования при неблагоприятном воздействии экстремальных температур, малой освещенности, низкой влажности и т.д. Фитогормоны, обладающие широким спектром защитного действия [4] и применяющиеся в очень низких концентрациях, безвредны для объектов окружающей среды. Брасиностероиды (БС) из класса стероидных соединений выделены из растений и признаны растительными гормонами. Они находятся почти во всех частях растений: пыльце, бутонах, плодах, семенах, и др. – в свободной форме или конъю-

гированы с сахарами и жирными кислотами. БС вовлечены в защитные реакции растений по отношению к биотическим и абиотическим стрессам [5–8]. Несмотря на корреляцию между стрессами и уровнем содержания БС в высших растениях, ее физиологическое обоснование с учетом происходящих при этом биохимических изменений по-прежнему неизвестно. Поскольку у растений выработаны развитые и усовершенствованные в ходе эволюции механизмы, способствующие их защите от неблагоприятных факторов среды, стрессы, которым свойственно вызывать комплекс метаболических перестроек, не всегда сопровождаются морфологическими изменениями. Тем не менее, стрессовые факторы воздействуют в ходе вегетации на физиологические, биохимические и молекулярные характеристики растений. Протекторная роль вторичных метаболитов в растениях установлена и широко обсуждается, в частности, защитная функция брасиностероидов. В настоящее время брасиностероиды рассматриваются в качестве эффективных эндогенных регуляторов роста, что связано с ярко выраженной и специфической ростстимулирующей активностью и защитным действием по отношению к стрессовым агентам [9, 10]. Выраженное защитное действие брасиностероидов отмечено при повышении устойчивости растений к низкой и высокой тем-

пературам, засухе, водному стрессу, засолению, воздействию патогенов, повреждающему действию гербицидов; регуляции поступления ионов в клетки растений и предотвращении накопления тяжелых металлов и радиоактивных элементов в растениях [11–14]. Пестициды являются агентами высокой опасности для человека и служат основой развития проблем экологического порядка. В аналитическом обзоре, посвященном роли брассиностероидов в условиях стресса, сопряженной с активацией различных механизмов, уделено внимание их эффективному применению для снижения негативного действия пестицидов. Авторы привели результаты ряда исследователей и отмечали, что в зависимости от вида пестицида специфика экзогенного действия БС индуцирует разные защитные механизмы [15]. Рядом авторов проведены исследования по выявлению влияния экзогенного применения 24-эпибрасинолида на рост, газообмен, характеристики флуоресценции хлорофилла, перекисное окисление липидов и антиоксидантные характеристики рассады томатов, выращенных при различных уровнях (0, 10, 30, 100 и 300 М) фенантрена (PHE) и пирена (PYR) в гидропонике. Результаты показали, что вещество оказывало антистрессовое действие на рассаду помидоров, загрязненных PHE или PYR. В основном этот эффект объясняется повышением активности факторов детоксикации [15]. Установлен защитный механизм стероидов, заключающийся в снижении питания патогенов растений в ходе эндогенного синтеза стероидных гликоалкалоидов (фитоалексинов) как антимикробных соединений [16]. Использование в фитосанитарных технологиях биологически активных веществ, к которым относится 24-эпибрасинолид, является перспективным приемом снижения вредоносности фитопатогенов. Этот прием получил название фитоиммунокоррекции. Механизм действия 24-эпибрасинолида заключается в его элиситорных свойствах. Выступая в роли иммунокорректора, он вызывает усиление иммунного статуса растения, а также повышает ростовую активность, улучшает качественные показатели, усиливает устойчивость к повреждениям и вредителям [17]. Препарат эпин-Экстра (д.в. 24-эпибрасинолид) оказывает защитное действие против возбудителей корневой гнили. Благодаря стимуляции роста и генеративного развития, а также повышению стрессоустойчивости растений, эпин-Экстра значительно увеличивает ранний и общий урожай плодов, а также обладает росторегулирующим, иммунокорректирующим и антистрессовым действием [18]. Предполагают, что обычный синтез БС в нормальных условиях обеспечивает опреде-

ленный уровень устойчивости растений, но его усиление при неблагоприятных условиях приводит к соответствующему возрастанию их стрессоустойчивости, о чем свидетельствуют результаты опытов на растениях огурца [19].

Фитогормоны, в частности брассиностероиды, не способны заменить инсектициды, особенно при увеличении количества атак вредителей. Однако применение пестицидов, которые являются стрессовым фактором для растения, совместно с физиологически активными веществами, обладающими антистрессовым действием, усиливает их биологическую эффективность и снижает опасность экологических нарушений [20–22].

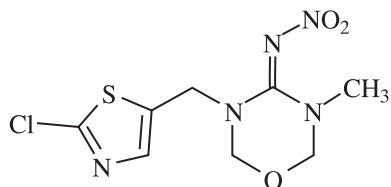
В лабораторном эксперименте были получены предварительные результаты по снижению токсического действия гербицида 2,4-Д под действием 24-эпибрасинолида [23]. Положительный результат отмечен при выращивании растений риса в присутствии гербицидов тиобенкарба (S-(4-хлорбензилдиэтилкарбонат)) и бутахлора (N-бутоксиметил-2-хлор-N-2,6-диэтилацетамид), а также инсектицида пробеназола [24]. Представляется интересным, что ингибирующий эффект пестицидов (параквата, имидоклоприда и др.) на фотосинтез и устьичную проводимость смягчался после обработки семян огурца 24-эпибрасинолидом (ЭБЛ) [25]. Авторы предположили, что ЭБЛ повышает устойчивость за счет усиления растениями ассимиляции CO₂ и повышения активности антиоксидантных ферментов. Исключить или существенно снизить негативное влияние инсектицидов на растения можно, используя фитогормоны, которые влияют на регуляцию роста растений, оказывая имуннокорректирующее действие. Получены убедительные данные о роли БС в устойчивости растений к повреждающему действию гербицидов [26].

Цель работы – изучение протекторного действия фитогормона 24-эпибрасинолида (ЭБЛ) и препарата эпин-Экстра на его основе к экзогенным повреждающим факторам, в частности к использованию пестицидов при выращивании сельскохозяйственной продукции.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

В лабораторных и полевых исследованиях были использованы 24-эпибрасинолид (производитель – ННПП “НЭСТ М”) и регулятор роста эпин-Экстра на основе 24-эпибрасинолида как его действующего вещества.

Выполнена серия лабораторных опытов по оценке методом фитотестирования токсичности тиаметоксама, являющегося д.в. препарата актара. Инсектицид с действующим веществом тиаметоксам (5-метил-3-(2-хлортиазол-5-илметил)-1,3,5-оксадиазинан-4-илиден-N-нитроамин)



применяется повсеместно. В РФ зарегистрирован препарат актара – вододиспергируемые гранулы с содержанием действующего вещества 250 г/л. Инсектицид актара имеет следующие показатели: LD_{50} для пчел – 0.024 мкг/особь, $СК_{50}$ для дождевых червей *Eisenia foetida* – >1000 мг/кг почвы; $СК_{50}$ (96 ч, мг/л) для радужной форели – >100, для ушастого окуня – >114, для карпозубика – >111; $СК_{50}$ (48 ч) для дафний – >100 мг/л; $СК_{50}$ (96 ч) для зеленых водорослей – >100 мг/л. МДУ (мг/кг): в зерне хлебных злаков и картофеле – 0.02. Инсектицид контактного, кишечного и системного действия, обладает длительным остаточным эффектом, активен против основных видов насекомых-вредителей сельскохозяйственных культур при обработке листьев или почвы в дозах 10–200 г/га, а также при протравливании семян в дозах 200 г/100 кг семян.

Выполнена серия лабораторных экспериментов по разработанной методике [27]. Тест-культурой служил редис (*Raphanus sativus*) сорта Жара. В одном эксперименте (опыт 1) семена заливали на 24 ч раствором 24-эпибрасинолида и растворами пестицида актара в разных концентрациях, контролем служил вариант с дистиллированной водой. Далее семена раскладывали на фильтры в чашках Петри, смоченные водой (7 мл). В другом эксперименте (опыт 2) семена замачивали только

в растворе 24-эпибрасинолида (контрольные – в воде) и затем помещали на фильтры, смоченные растворами актара, после чего чашки помещали в термостат при температуре 24 °С на 72 ч. Схемы экспериментов с соответствующими концентрациями растворов представлены в табл. 1. Учет действия испытанных растворов проводили по изменениям (относительно контроля) длины проросших корней и высоты coleoptилей проростков. Повторность опыта четырехкратная. Рассчитывали средние величины показателей и их стандартное отклонение. Проведен расчет соотношения длины корней и coleoptилей проростков в опытных вариантах относительно контроля, принятого за 100%.

Выполнен лабораторный эксперимент и проведены полевые исследования с применением пестицида глины при совместном его использовании с регулятором роста растений эпин-Экстра. Гербицид глины (хлорсульфурон) выпускают в виде 75%-ной суспензии. Пестицид разрешен для борьбы с однолетними и многолетними двудольными сорняками, малотоксичен для теплокровных животных. Норма расхода – 0.015 кг/га.

Хлорсульфурон (препарат глины) содержит триазиновую группировку и является самым высокоактивным из всех известных гербицидов. Его доза при обработке зерновых культур в полевых условиях составляет всего 5–60 г/га (обычно 10–20 г/га), т. е. он примерно в 100 раз более активен, чем 2,4-Д. Хлорсульфурон ингибирует деление и рост клеток чувствительных к нему видов растений и не влияет на их фотосинтез и дыхание.

Схема лабораторного опыта включала 2 варианта с разными концентрациями эпин-Экстра и рекомендованной концентрацией глины (табл. 2).

Полевой опыт выполнен на дерново-подзолистых почвах ЦОС ВИУА “Барыбино”. Учетная делянка – 4 м². Характеристика почвы представлена в табл. 3. Культура – картофель сорта Брон-

Таблица 1. Схема лабораторных опытов с препаратом актара

Варианты					
Опыт 1					
Контроль без обработок	ЭБЛ, 10 ⁻⁸ М	Раствор актара, мг/мл			
		0.025	0.05	0.1	0.2
Опыт 2					
Контроль без обработок	ЭБЛ, 10 ⁻⁸ М	Актара, 0.05	Актара, 0.1	Актара, 0.05 + ЭБЛ, 10 ⁻⁸ М	Актара, 0.1 + ЭБЛ, 10 ⁻⁸ М

Таблица 2. Схема лабораторного и полевого опытов с препаратом глин

Варианты					
Лабораторный опыт					
Контроль без обработок	ЭБЛ, 10 ⁻⁶ М	Раствор глина, мг/мл			
		Глин, 10 ⁻⁵	Глин, 10 ⁻⁵ + ЭБЛ, 10 ⁻⁶ М		
Полевой опыт					
Контроль без обработок	Эпин-Экстра, 12.5 мг/га	Эпин-Экстра 6.25 мг/га	Глин, 0.05 мг/мл	Глин, 0.05 + эпин-Экстра, 12.5 мг/га	Глин, 0.05 + эпин-Экстра, 6.25 мг/га

Таблица 3. Агрохимическая характеристика дерново-подзолистой почвы опытного поля ЦОС ВИУА “Барыбино”

рН _{H₂O}	H _г , мг-экв/100 г почвы	Азот	Фосфор	Калий	Углерод, %
		мг/100 г почвы			
6.8	1.67	8.07	29.3	14.0	1.1

нический. Достоинства сорта Бронницкого – высокая устойчивость к вырождению (т.е. поражению вирусными заболеваниями) и замечательные потребительские качества. Это крахмалистый сорт, хотя содержание простых сахаров в нем довольно низкое. Клубнеобразование у сорта Бронницкий начинается достаточно рано. Как правило, физиологическое созревание клубней наступает через 100–110 сут после посадки, но при использовании пророщенных клубней этот срок сокращается до 70 сут. Сорт Бронницкий районирован в Московской, Брянской, и других областях РФ.

В опыте были предусмотрены следующие варианты: контроль, варианты обработки растворами эпин-Экстра разной концентрации (12.5 и 6.25 мг/га), вариант с обработкой глином (согласно рекомендуемым нормам, 5-го июня), варианты с применением глины и дальнейшей (через 40 сут, 15-го июля) обработкой листьев растений раствором эпин-Экстра разной концентрации (12.5 и 6.25 мг/га).

Отбор и анализ почвенных образцов на фитотестирование проводили 29 июня, 29 июля и 29 сентября. Уборку и учет урожая осуществляли 30 сентября. В клубнях определяли содержание крахмала [27].

Статистическую обработку проводили с помощью программы “MS Excel 2003” и прикладного пакета STATISTICA 6.0. Были определены общие статистические показатели: средние величины анализированных показателей (M), стандартная

ошибка среднего (m) и наименьшая существенная разность (HCP). Принятый в работе уровень значимости $\alpha = 0.05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В серии 1 изучали влияние разных концентраций препарата актара (д.в. тиаметоксам) и рабочих растворов 24-эпибрасинолида. Хорошую (>25%) активность показал 24-эпибрасинолид в концентрации 10^{-8} М, которая была использована и при совместном применении с инсектицидом. Исследования разных концентраций препарата актара свидетельствовали об устойчивой фитотоксичности (по тест-показателям – длине корней и колеоптилю биотеста) этого препарата в концентрациях >0.05 мг/л (рис. 1). Токсичность актара в фитотесте проявлялась на высоком уровне ($\geq 40\%$) в широком интервале концентраций. Причем при высокой концентрации д.в. (0.1 и более) токсичность была значительной (порядка 80%), с увеличением концентрации в 2 раза (до 0.2 мг/л) ее показатели увеличивались еще на 10 и более %. В интервале концентраций от 0.025 до 0.05 мг/л показатель токсичности существенно не изменялся и соответствовал уровню 60–70% (табл. 4).

В предварительной серии экспериментов с чистыми веществами установили рабочие концентрации препарата актара и ЭБЛ для их совместного испытания в следующей серии экспериментов. Семена тест-растений редиса предварительно на

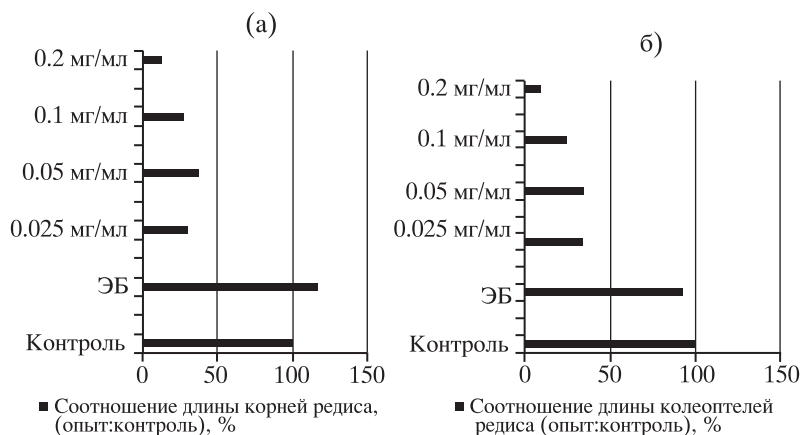


Рис. 1. Результаты фитотестирования разных концентраций препарата актара и ЭБЛ в концентрации 10^{-8} М по длине корня (а) и высоте coleoptиля (б) проростков редиса.

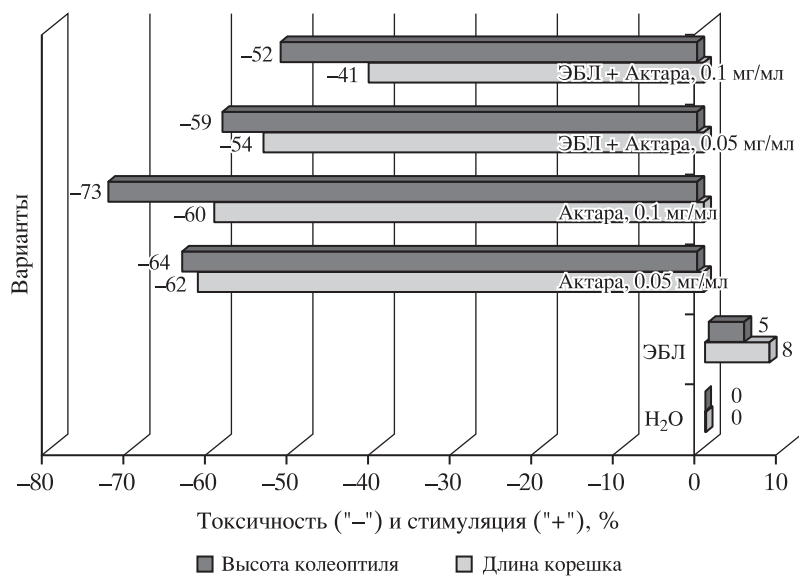


Рис. 2. Результаты фитотестирования при совместном использовании ЭБЛ (10^{-8} М) и препарата актара.

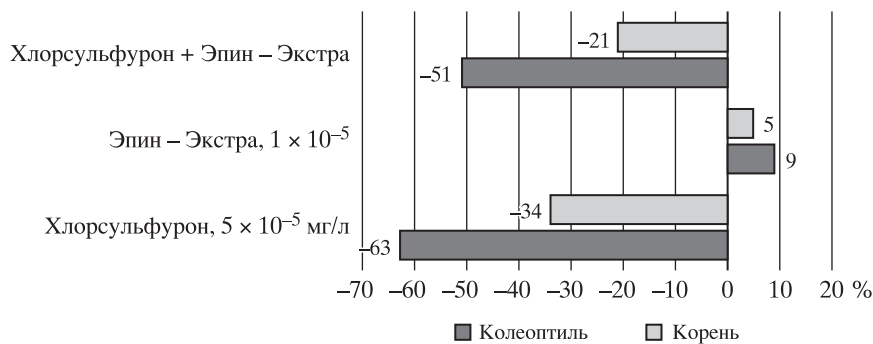


Рис. 3. Результаты фитотестирования при совместном использовании 24-эпибрасинолида и хлорсульфурина: “–” – токсичность действия веществ, “+” – стимуляция.

Таблица 4. Влияние препарата актара и ЭБЛ на тест-культуру (длина корня проростка)

Вариант	Средняя длина корня, мм	Стандартное отклонение	Относительная длина корня, % к контролю	Суммарная токсичность, %
Контроль без обработок	55.7	5.0	100	–
ЭБЛ, 10^{-8} М	65.0	4.1	117	Отсутствует
Актара, мг/мл				
0.025	20.7	2.7	37	63
0.05	16.6	1.7	30	70
0.1	15.0	1.9	27	73
0.2	6.7	1.1	12	88

24 ч замачивали в растворе ЭБЛ (10^{-8} М), затем подсушивали и помещали в чашки Петри с разными концентрациями актара: 0.05 и 0.1 мг/л.

Необходимо отметить, что по результатам фитотестирования в серии данных экспериментов, как и в предыдущих, влияние меньшей концентрации актара в биотесте не отличалось от действия более высокой концентрации (больше в 2 раза), при этом токсичность препарата была на уровне 60% и более.

При совместном использовании инсектицида с ЭБЛ установлено его позитивное влияние на показатели тест-культуры. При совместном его использовании с препаратом актара в большей концентрации (0.1 мл/л) протекторное действие ЭБЛ было выражено более значимо (рис. 2). При концентрации актара 0.05 мл/л действие ЭБЛ характеризовалось лишь незначительным снижением токсичности: на 8% по тест-показателю длины корня и на 5% – по высоте coleoptilia проростков. Предварительная обработка семян ЭБР на фоне более высокой концентрации актара (0.1 мг/л) произвела существенно больший эффект, увеличив длину корней тест-культуры на 19% (токсичность снизилась с 60% до 41%) и высоту coleoptilia на 21% (с 73 до 42%) (рис. 2).

Таким образом, совместное использование 24-эпибрассинолида в концентрации 10^{-8} М с инсектицидом актара оказывало протекторное действие, которое зависело от концентрации д.в. рабочих растворов препаратов. Существенное позитивное влияние проявлялось при больших концентрациях остаточных количеств препарата актара.

Другим пестицидом, который исследовали при совместном действии с ЭБЛ, являлся хлорсульфурон, ингибирующий деление и рост клеток растений, а также гербицид глины на основе этого действующего вещества. В лабораторном эксперименте обработка семян тест-растений ЭБЛ в концентрации 10^{-5} М снимала токсичность, вы-

Таблица 5. Урожайность картофеля сорта Бронницкий (1998 г.)

Вариант	Урожайность, ц/га
Контроль без обработок	258
Эпин-Экстра, 12.5 мг/га	297
Эпин-Экстра, 6.25 мг/га	282
Глин, 0.05 мг/мл	253
Глин, 0.05 мг/мл + Эпин-Экстра, 12.5 мг/га	229
Глин, 0.05 мг/мл + Эпин-Экстра, 6.25 мг/га	247
<i>HCP</i> ₀₅	22

званную хлорсульфуроном, более чем на 10% по тест-показателям (рис. 3).

В полевом опыте применение ЭБЛ также оказало влияние на урожайность клубней картофеля и их качество. Обработка картофеля в фазе начала цветения препаратом эпин-Экстра привела к достоверному увеличению урожайности, независимо от концентрации ЭБЛ. Использование более концентрированного раствора ЭБЛ (12.5 мг/га) для обработки картофеля в фазе бутонизации привело к увеличению урожайности на 38.4 ц/га, концентрации 6.25 мг/га – на 23.2 ц/га (табл. 5). Применение глины способствовало уничтожению сорной растительности в опыте, но не отразилось на урожайности в целом. Однако его применение в начале вегетации и последующая обработка листьев картофеля эпином-Экстра в концентрации 12.5 мг/га привели к снижению урожайности, а обработка в более низкой концентрации 6.25 мг/га не изменило его величину.

Кроме того, важным этапом исследования являлось изучение влияния препарата эпин-Экстра на показатели суммарной токсичности, обусловленной применением глины, и качество урожая. Необходимо отметить, что анализ почвенных образцов спустя 14 сут после применения глины не выявил суммарной токсичности в почве. Резуль-

Таблица 6. Определение токсичности почвы в полевом опыте

Вариант	Показатель фитотестирования почвы относительно контроля без обработок		Показатель фитотестирования клубней картофеля
	%		
	через 65 сут	через 105 сут	
Контроль без обработок	100	100	100
Эпин-Экстра, 12.5 мг/га	125	132	105
Эпин-Экстра, 6.25 мг/га	111	118	101
Глин, 0.05 мг/мл	86	133	126
Глин, 0.05 мг/мл + эпин- Экстра, 12.5 мг/га	100	114	150
Глин, 0.05 мг/мл + эпин- Экстра, 6.25 мг/га	100	141	161

таты последующих анализов – через 14 сут после обработки ЭБЛ и соответственно через 54 сут после применения глины, а также в период уборки урожая (еще через 40 сут) – приведены в табл. 6. Результаты показали, что слабая токсичность (14%) отмечена в образцах лишь на 65-е сут после применения гербицида, что, возможно, свидетельствовало о его опосредованном действии.

Совместное применение глины и регулятора роста эпин-Экстра снимало проявление фитотоксичности гербицида в почве и вызвало стимуляцию роста фитотеста на 14 и 41% через 105 сут в вариантах совместного применения глины и эпин-Экстра в концентрации 12.5 и 6.25 мг/га соответственно. Более существенная стимуляция роста фитотеста отмечена в вариантах применения одного эпин-Экстра без геобиицида: при применении более высокой его концентрации (12.5 мг/га) через 65 сут стимуляция соответствовала 25%, через 105 сут – 32%, при использовании концентрации 6.25 мг/га – 11 и 18% соответственно. То, что более активное протекторное воздействие

оказывала низкая концентрация эпина-Экстра при применении совместно с гербицидом, согласуется и с урожайными данными и является интересным фактом, требующим дальнейшего изучения. Результаты фитотестирования конечной продукции (клубней картофеля) показали стимулирующее действие гербицида на фитотест (26% от контроля), а его использование в комплексе с эпином-Экстра усиливало этот эффект (50 и 61% соответственно дозе регулятора роста).

Изменение качества клубней картофеля зависело от варианта применения регулятора роста и гербицида. Содержание крахмала в клубнях при использовании глины снижалось, применение эпина-Экстра совместно с гербицидом существенно увеличивало этот показатель (с 18 до >20%). Положительное действие оказывала и обработка растений картофеля в ходе вегетации только регулятором роста, преимущество показал вариант с применением высокой концентрации эпина-Экстра (12.5 мг/га) (рис. 4).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучение влияния 24-эпибрасинолида (ЭБЛ) в концентрации 10^{-8} М совместно с инсектицидом актара (д.в. тиаметоксам, обработка до применения инсектицида) показало его протекторное действие, которое было обусловлено снижением суммарной токсичности после применения инсектицида. Эффект этого воздействия зависел от концентрации д.в. инсектицида. В использованной концентрации ЭБЛ оказывал существенное позитивное влияние на последствие более высокой концентрации препарата актара.

Положительное действие 24-эпибрасинолида при совместном использовании с гербицидом глины (д.в. хлорсульфурон) в лабораторных эк-

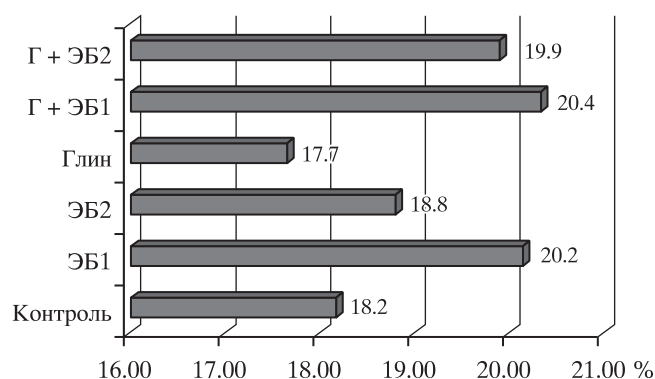


Рис. 4. Содержание крахмала в образцах картофеля, %. ЭБ1 – ЭБС, 12.5 мг/га; ЭБ2 – ЭБС, 6.25 мг/га; Г – гербицид глины, 0.05 мг/мл.

спериментах подтвердилось в полевых опытах при выращивании картофеля сорта Бронницкий. Обработка листьев растений в фазе бутонизации препаратом эпин-Экстра (д.в. – 24-эпибрасинолид) после применения гербицида показала его протекторное действие, которое отражалось на качестве урожая. Степень проявления положительного действия эпина-Экстра зависела от использованной концентрации, которая не должна превышать 6.25 мг/га.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Козлов Ю.В., Самсонова Н.Е., Новикова Н.Е. Сравнительная оценка мивала-Агро, брассиностероидных препаратов и протравителя семян при выращивании яровых зерновых на дерново-подзолистой почве // Вестн. ОрелГАУ. 2010. № 2 (23). С. 54–59.
2. Поликсенова В.Д. Биологически активные вещества биогенной и абиогенной природы как индукторы неспецифической устойчивости томатов к стрессам // Вестн. БГУ. Сер. 2. 2007. № 3. С. 83–86.
3. Кулаева О.Н., Кузнецов В.В. Новейшие достижения и перспективы изучения механизма действия фитогормонов и их участия в сигнальных системах целого растения // Информ. бюл. РФФИ. 2004. Прилож. № 12.
4. Юваров В.Н. Применение регуляторов роста и адъювантов в защищенном грунте // Защита растений в тепл. хоз-ве. 2008. Прилож. № 6. С. 4–5.
5. Bajguz A., Tretyn A. The chemical characteristic and distribution of brassinosteroids in plants // Phytochemistry. 2003. V. 62. P. 1027–1046.
6. Bajguz A., Shamsul Hayat S. Effects of brassinosteroids on the plant responses to environmental stresses // Plant Physiol. Biochem. 2009. № 47. P. 1–8.
7. Krishna P. Brassinosteroid-mediated stress responses // J. Plant Growth Regul. 2003. № 22. P. 289–297.
8. Sasse J.M. Physiological actions of brassinosteroids: an update // Plant Growth Regul. 2003. V. 22. P. 276–288.
9. Шакирова Ф.М. Неспецифическая устойчивость растений к стрессовым факторам и ее регуляция. Уфа: Гилем, 2001. 160 с.
10. Чуб В.В. Рост и развитие растений. Уч.-к кафедры физиологии растений МГУ им. Ломоносова [Электронный ресурс]. Гл. 7 // <http://herba.msu.ru/russian/departments/physiology/spezkursi/chub/7-2-8-1.html> (дата обращения: 24.08.2013).
11. Kopich V.N., Kretynin S.V., Kharchenko O.V., Litvinovskaya R.P., Chashina N.M., Khripach V.A. Effect of 24-epibrassinolide on lipoxygenase activity in maize seedlings under cold stress // Biopolymers Cell. 2010. V. 26. № 3. P. 103–109.
12. Прусакова Л.Д., Чижова С.И. Применение брассиностероидов в экстремальных для растений условиях // Агрохимия. 2005. № 12. С. 87–94.
13. Яхин О.И., Лубянов А.А., Калимуллина З.Ф., Яхин И.А., Вахитов В.А., Чемерис А.В., Гималов Ф.Р., Матниязов Р.Т. Антистрессовая активность регулятора роста растений эпина-экстра // Законность. 2009. № 3. С. 25–27.
14. Авальбаев А.М., Юлдашев Р.А., Фатхутдинова Р.А., Урусов Ф.А., Сафутдинова Ю.В., Шакирова Ф.М. Влияние 24-эпибрасинолида на гормональный статус растений пшеницы при действии хлорида натрия // Прикл. биохим. и микробиол. 2010. Т. 46. № 1. С. 109–112.
15. Ahammed G.J., Yuan H.-L., Ogwen O.J.O., Zhou Y.-H., Xia X.-J., Mao W.-H., Shi K., Yu J.-Q. Brassinosteroid alleviates phenanthrene and pyrene phytotoxicity by increasing detoxification activity and photosynthesis in tomato // Chemosphere. 2012. № 86. P. 546–555.
16. Лутова Л.А., Шумилина Г.М. Метаболизм растений и их роль в устойчивости к фитопатогенам // Экол. генетика. 2010. Т. 3. С. 47–58.
17. Алехин В.Т., Рябчинская Т.А., Бобрешова И.Ю., Харченко Г.Л., Саранцева Н.А. Новый препарат для стимуляции иммунитета и повышения продуктивности растений // Защита и карантин раст. 2010. № 3. С. 44–46.
18. Прусакова Л.Д., Малеванная Н.Н., Белопухов С.Л., Вакуленко В.В. Регуляторы роста растений с антистрессовыми и иммунопротекторными свойствами // Агрохимия. 2005. № 11. С. 76–86.
19. Будыкина Н.П., Шибаева Т.Г., Титов А.Ф. Влияние эпина-Экстра – синтетического аналога 24-эпибрасинолида – на стрессоустойчивость и продуктивность растений огурца (*Cucumis sativus* L.) // Тр. КарелНЦ РАН. 2012. № 2. С. 47–55.
20. Сахабутдинова А.Р., Фатхутдинова Д.Р., Фатхутдинова Р.А., Кильдибекова А.Р., Авальбаев А.М., Аллагулова Ч.Р., Безрукова М.В., Гилязетдинов Ш.Я., Шакирова Ф.М. Влияние обработки семян салициловой кислотой и фунгицидом фенорам супер на гормональный статус и рост проростков пшеницы // Агрохимия. 2004. № 4. С. 17–21.
21. Орехова А.Н., Максюткова Н.Н., Нешин И.В., Дуденко Н.В. Влияние эпибрасинолида на формирование комплекса запасных белков и качество зерна озимой пшеницы // Агрохимия. 2007. № 11. С. 36–41.
22. Syed Ali Fathima M., Johnson M., Lingakumar K. Effect of crude brassinosteroid extract on growth and biochemical changes of *Gossypium hirsutum* L. and *Vigna mungo* L. // J. Stress Physiol. Biochem. 2011. V. 7. № 4. P. 324–334.

23. Воронина Л.П., Чернышева Т.В. Научное обоснование применения эпина // Картофель и овощи. 1997. № 3. С. 29.
24. Khripach V.A., Zhabinskii V.N., De Groot A.E. Brassinosteroids, a new class of plant hormones. San Diego: Academic Press, 1999. 286 p.
25. Xia X.J., Huang Y.Y., Wang L., Huang L.F., Yu Y.L., Zhou Y.H., Yu J.Q. Pesticides-induced depression of photosynthesis was alleviated by 24-epibrassinolide pretreatment in *Cucumis sativus* L. // Pestic. Biochem. Physiol. 2006. № 86. P. 42–48.
26. Clouse S.D., Sasse J.M. Brassinosteroids: Essential regulators of plant growth and development // Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 1998. № 49. P. 427–451.
27. Практикум по агрохимии / Под ред. Минеева В.Г. 2001. 725 с.

Protective Effect of 24-Epibrassinolide in Combination with Pesticides

L.P. Voronina¹, N.N. Malevannaya², L.K. Baturina³, T.I. Khusnutdinova³, A.M. Frolova¹

¹*M.V. Lomonosov Moscow state University, faculty of soil science, department of plant chemistry and biochemistry,
Leninskie Gory 1, p. 12, 119991 Moscow, Russia
Non-commercial scientific-production partnership "NEST M"
ul. Pranishnikova 31a, 127550 Moscow, Russia*

³*M.V. Lomonosov Moscow state University, faculty of soil science, department of general agriculture and
agroecology,
Leninskie Gory 1, p. 12, 119991 Moscow, Russia
E-mail: luydmila.voronina@gmail.com*

Evaluated the possibility of using steroid hormone 24-epibrassinolide and preparations on its basis to reduce the toxic effects that have pesticides on plants that substantiates the need for sharing them.

Key words: protective action, 24-epibrassinolide, pesticides.