

УДК 635.63:632.938.1

**ЦИРКОН КАК ИММУНОМОДУЛЯТОР УСТОЙЧИВОСТИ ОГУРЦА К ФИТОФАГАМ****О.С. Кириллова, О.Г. Селицкая***Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург*

Увеличение масштабов применения иммуномодуляторов растений требует разработки комплексной оценки их влияния на биотрофов, обитающих в защищаемых агробиоценозах. В условиях садкового и ольфакторного эксперимента выявлены изменения в характере пищевого поведения и численности дочернего поколения калифорнийского трипса, оранжерейной белокрылки и плодовитости паутинного клеща при обработке огурца посевного препаратом циркон. Установлено, что при обработке препаратом семядольных листьев растений происходит системный синтез летучих соединений, обладающих репеллентным действием для оранжерейной белокрылки, но аттрактивным - для калифорнийского трипса, при этом не изменяется численность потомства фитофагов. Иная закономерность наблюдалась при обработке первого настоящего листа растений. При отсутствии системного действия циркона на поведенческую реакцию фитофагов выявлено снижение численности дочернего поколения оранжерейной белокрылки и плодовитости паутинного клеща в сравнении с контролем. Результаты исследований ответных реакций растения на обработку цирконом могут быть применены для разработки научно обоснованной стратегии использования индуцированной устойчивости растений к фитофагам как элемента интегрированной защиты.

**Ключевые слова:** *Frankliniella occidentalis* Pergande; *Tetranychus urticae* Koc; *Trialeurodes vaporariorum* Westwood.; ольфакторные реакции; численность дочернего поколения фитофагов; морфофизиологическое состояние растения.

Теоретическое обоснование, разработка технологий, методов создания и эффективного применения химических и биологических средств, индуцирующих защитные функции растений к биотическим стрессам, являются одним из важных направлений в защите растений в целях оптимизации фитосанитарного состояния агроэкосистем.

Известно, что индуцированный фитоиммунитет связан с определенными сигнальными молекулами-элиситорами - химическими соединениями биогенной и абиогенной природы, выполняющими в организме сигнальные функции и, как правило, ответственными за запуск определенных химических реакций или их каскадов, результатом которых является транскрипция генов защиты растения и синтез защитных соединений [Тарчевский, 2002]. В качестве экзогенных элиситоров могут выступать вещества, являющиеся гормонами растений, такие как жасмоновая и салициловая кислоты и этилен, которые активируют соответствующий путь химических реакций, формирующий индуцированную фитоустойчивость [Тютюрев, 2008].

Актуальными являются исследования по оценке рострегулирующих препаратов в качестве индукторов устойчивости по отношению не только к возбудителям различных заболеваний растений, но и к членистоногим. Результаты экспериментальных работ на винограде [Иванова и др., 1982], зерновых [Рябченко и др., 1988; Трепашко и др., 2005], плодовых [Paulson et al., 2005], лекарственных [Пушкина и др., 2005] культурах свидетельствуют об эффективности стратегии применения рострегулирующих препаратов в защите растений от фитофагов.

К настоящему времени разработана серия рострегулирующих препаратов на основе гидроксикоричных кислот (ГКК), выделенных из эхинацеи пурпурной, и в частности препарат циркон (разработчик и производитель серии ННПП «НЭСТ-М»). Применение циркона значительно снижает степень поражения растений такими заболеваниями, как фитофтороз на картофеле и томатах, пероноспороз на огурце, парша яблони, бактериоз и фузариоз овощных и цветочных культур, серая гниль на землянике, мучнистая роса (особенно на восприимчивых розах) и на черной смородине, вирусные заболевания [Малеванная, 2001]. Препарат обладает высокой корнеобразующей активностью, способствует укоренению рассады и черенков, а так же ускоряет их приживаемость при пересадках, повышает всхожесть и скорость прорастания семян, ускоряет цветение, рост и развитие растений [Малеванная, Быховская, 2001].

В связи с тем, что ГКК не только регулируют ростовые процессы растений и являются антистрессорами к неблагоприятным внешним условиям, но и обладают иммуномодулирующей активностью к вредным организмам, их применение перспективно в качестве элемента в системе возделывания сельскохозяйственных культур. Однако, научное обоснование использования подобных препаратов в целях повышения устойчивости растений к фитофагам пока является недостаточным. Оценка влияния циркона на вредителей огурца стало задачей нашей исследовательской работы.

**Материалы и методы**

Оценку воздействия препарата циркон на членистоногих фитофагов проводили в лабораторных условиях на огурце посевном (*Cucumis sativus* L., сем. *Cucurbitaceae*, голландский гибрид *Флаппи*). Тест-объекты - имаго калифорнийского трипса *Frankliniella occidentalis* Pergande и оранжерейной белокрылки *Trialeurodes vaporariorum* Westwood, паутинный клещ *Tetranychus urticae* Koch. В работе оценивали системное действие циркона на пищевое поведение, численность дочернего поколения калифорнийского трипса и оранжерейной белокрылки и плодовитость паутинного клеща.

**Методы обработки растений.** С помощью лабораторного микроопрыскивателя обрабатывали семядольные листья или первый насто-

ящий лист (в зависимости от варианта) рабочим раствором препарата в воде 50 мкл/л с нижней и верхней стороны листовой поверхности до смыкания капель. Контрольные растения обрабатывали водой таким же способом. Через 48 часов растения использовали для оценки контактно-вкусовой ориентации фитофагов и оценки численности потомства фитофагов.

Для оценки влияния циркона на ольфакторную реакцию имаго калифорнийского трипса препарат наносили на растение по двум схемам: «замачивание проростков семян» и «замачивание проростков семян + обработка первого настоящего листа растений». Для проведения первой серии опытов проростки семян перед высадкой в почву замачивали в

рабочем растворе циркона в воде (25 мкл/л и 50 мкл/л) на 3 часа. Через 7-10 суток у растений срезали первый настоящий лист и в сравнении с контролем оценивали ольфакторную реакцию имаго трипса. Во второй серии опытов проростки семян также замачивали в рабочем растворе циркона в воде концентрации 25 мкл/л и 50 мкл/л на 3 часа, но, по мере достижения растениями 2-х настоящих листьев, дополнительно проводили обработку первого настоящего листа препаратом в концентрации рабочего раствора, аналогичной при обработке проростков семян в варианте. Через неделю оценивали ольфакторную реакцию калифорнийского трипса на необработанный второй настоящий лист.

**Оценка контактно-вкусовой реакции фитофагов.** Имаго калифорнийского трипса и оранжерейной белокрылки, выпускали в садки, где насекомым предоставляли выбор между контрольным и опытным растением. Через сутки проводили учет распределения фитофагов по растениям, при котором, также учитывали количество не прореагировавших насекомых, т. е. тех особей, которые находились внутри сосуда, но не растениях. Оценка контактно-вкусовой ориентации паутинного клеща осуществляли в садках, где на слегка увлажненную бумажную салфетку выкладывали по кругу в порядке чередования срезанные листья с контрольных и опытных растений и выпускали в центр фитофага. Учет распределения клещей по листьям проводили через сутки. Эксперименты проводили в 10 повторностях. Степень привлечения фитофагов на обработанные растения оценивали по индексу агрегации особей (ИА), который рассчитывали по формуле:  $IA = (O - K / O + K) * 100 (\%)$ , где O - число особей в опытной зоне; K - число особей в контрольной зоне. Положительный знак результата указывает на аттрактивное - привлекающее, действие вещества, отрицательный - на репеллентное - отпугивающее действие [Закладной, 1983].

**Оценка ольфакторной реакции калифорнийского трипса.** Оценку ольфакторной реакции имаго калифорнийского трипса проводили в двухкамерном ольфактометре [Shamshev et al., 2003]. Учеты распределение насекомых по камерам ольфактометра проводили через 10 мин. (первичная реакция), через 1 час и через 3 часа после выпуска. Каждый вариант включал 10 повторностей.

**Оценка плодовитости паутинного клеща.** На первый настоящий лист (при обработке семядольных листьев) или второй настоящий лист растений (при обработке первого настоящего листа) помещали по 3 молодые самки и 1 самцу. Через трое суток подсчитывали количество яиц на растении и рассчитывали среднюю суточную плодовитость в пересчете на самку, т.е. – яиц/самку/сутки.

**Оценка численности дочернего поколения калифорнийского трипса и оранжерейной белокрылки.** В садки помещали по одному растущему растению (опытному или контрольному) в фазе одного или двух (в зависимости от цели опыта) настоящих листьев и выпускали по 10 самок калифорнийского трипса или имаго белокрылки. Через сутки насекомых удаляли с помощью эксгаустера. Численность дочернего поколения калифорнийского трипса оценивали по личинкам второго возраста, оранжерейной белокрылки – по количеству личинок 4 возраста. Для определения снижения численности потомства фитофагов (СЧП) использовали формулу:  $СЧП = [(кол-во особей в контроле - кол-во особей в опыте) / кол-во особей в контроле] * 100$ .

Определение летучих органических соединений в растительных экстрактах выполнено методом газохроматографического и масс-спектрометрического химического анализа [Степанычева и др. 2007]

Анализ полученных результатов осуществляли стандартными методами статистического анализа. Достоверность различий средних проверяли по t-критерию или используя дисперсионный анализ.

**Результаты и обсуждение**

Результаты оценки контактно-вкусовой реакции фитофагов показали, что обработка цирконом семядольных листьев огурца посевного существенно снижает по сравнению с контролем заселение растений оранжерейной белокрылкой, но повышает аттрактивность имаго калифорнийского трипса, тогда как при обработке первого настоящего листа достоверных (при  $p \leq 0,05$ ) различий опыта с контролем ни для одного из тестируемых фитофагов не выявлено (рис. 1).

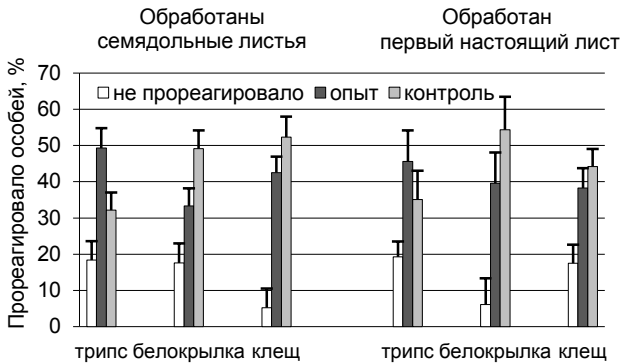


Рисунок 1. Контактно-вкусовая реакция фитофагов на растения огурца, обработанные цирконом (концентрация рабочего раствора препарата в воде 50 мкл/л)

Вероятно, изменения в поведенческой реакции фитофагов обусловлены различиями в компонентном составе смеси летучих соединений, системно выделяемых растениями огурца после обработки семядольных листьев цирконом в сравнении с контролем. А именно, химический анализ показал появление в опытной пробе 2-гексаналь, 2,6-нонадиеналь и гексадеканаль, почти в 4 раза увеличение 9,12,15-октадекатриеналь, в 2,5 раза увеличение пальмитиновой кислоты и уменьшение фитола (таб. 1).

Ярко выраженное привлечение имаго калифорнийского трипса на растения огурца, обработанные рабочим раствором циркона концентрацией 50 мкл/л, подтвержда-

ют ольфакторные исследования, как при обработке препаратом проростков семян огурца, так и при обработке проростков семян совместно с обработкой первого настоящего листа растений (рис. 2 и рис.3). При сниженной

Таблица 1. Содержание летучих органических соединений в экстрактах настоящих листьев огурца посевного при обработке семядольных листьев препаратом циркон

| Химическое соединение                            | Содержание в пробе, % |          |
|--------------------------------------------------|-----------------------|----------|
|                                                  | Опыт                  | Контроль |
| 2-гексеналь                                      | 0,99                  | N        |
| 2,6-нонадиеналь                                  | < 0,20                | N        |
| Гексадеканаль                                    | 0,21                  | N        |
| 9,12,15-октадекатриеналь                         | 2,29                  | 0,59     |
| Пальмитиновая кислота                            | 28,42                 | 11,4     |
| Метилловый эфир 11,14,17-эйкозатриеновой кислоты | 0,33                  | 0,42     |
| Фитол                                            | 0,87                  | 2,53     |
| Линоленовая кислота                              | 62,0                  | 75,23    |

N - соединение не обнаружено

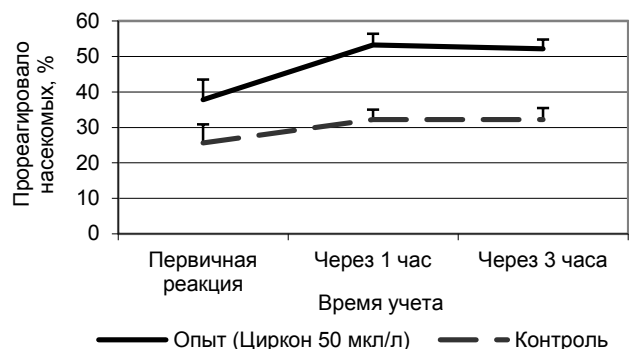


Рисунок 2. Влияние циркона на ольфакторную реакцию калифорнийского трипса при обработке растений огурца путем замачивания проростков семян в рабочем растворе препарата концентрации 50 мкл/л

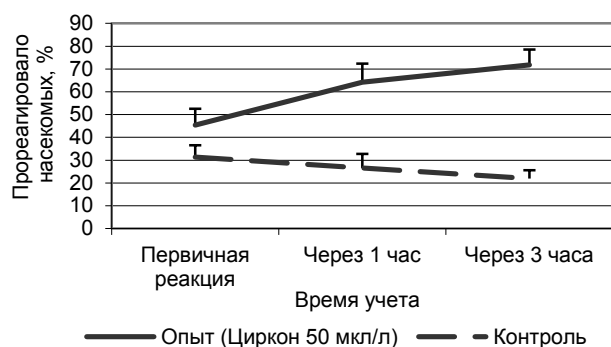


Рисунок 3. Влияние циркона на ольфакторную реакцию калифорнийского трипса при обработке огурца по схеме «замачивание проростков семян + обработка первого настоящего листа» рабочим раствором препарата концентрации 50 мкл/л

концентрации рабочего раствора препарата до 25 мкл/л существенные различия в привлечении трипса на опытные и контрольные варианты отсутствовали

Сравнительный анализ характера поведенческой реакции имаго калифорнийского трипса на обработанные цирконом растения огурца показал, что наибольшим аттрактивным для фитофага действием обладают растения огурца, обработанные цирконом 50 мкл/л по схеме «замачивание проростков семян + обработка первого настоящего листа» (индекс агрегации трипсов в опытной зоне ольфактометра составил 47 %) (рис.4).

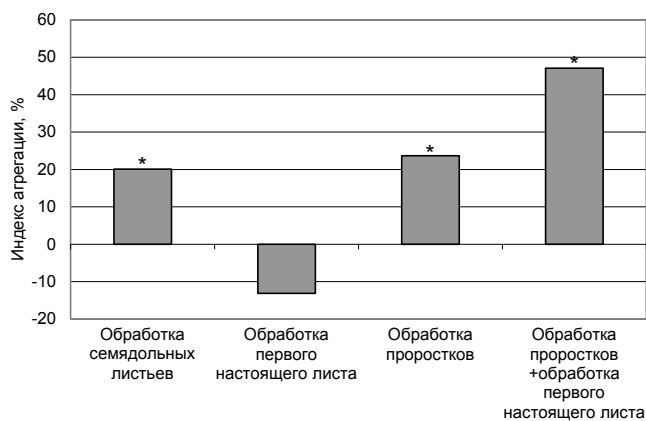


Рисунок 4. Степень привлечения имаго калифорнийского трипса на обработанные цирконом растения огурца посевого. \*- различие при  $p \leq 0,05$  достоверно

Оценка численности потомства фитофагов показала, что при обработке первого настоящего листа растений цирконом в концентрации рабочего раствора 50 мкл/л происходит снижение численности дочернего поколения белокрылки и плодовитости самок паутиного клеща на 24,5% и 34,5% соответственно, тогда как при обработке семядольных листьев изменение численности потомства фитофагов не происходит (рис. 5).

Таким образом, результаты наших исследований показывают, что при обработке проростков семян огурца посевого и семядольных листьев цирконом в концентрации рабочего раствора 50 мкл/л в растениях происходит системный синтез летучих соединений, обладающих репеллентным действием на оранжерейную белокрылку, но аттрактивным на калифорнийского трипса. При этом не происходит изменения численности потомства фитофагов. Иная закономерность наблюдалась при обработке

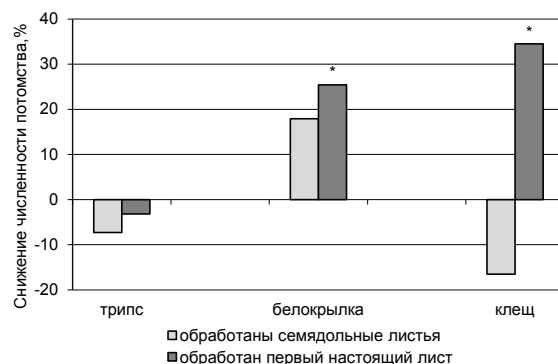


Рисунок 5. Численность потомства калифорнийского трипса, оранжерейной белокрылки и паутиного клеща при обработке цирконом огурца посевого.

\*- \*- различие при  $p \leq 0,05$  достоверно

растений в фазу двух настоящих листьев. При отсутствии системного действия Циркона на поведенческую реакцию фитофагов, выявлено снижение численности дочернего поколения оранжерейной белокрылки и плодовитости паутиного клеща в сравнении с контролем.

Очевидно, что выявленные нами особенности влияния Циркона на фитофагов обусловлены его активным компонентом, а именно смесью гидроксикоричных кислот. Эти соединения представляют собой транс-фелил-3-пропеновые кислоты, имеющие различия в их кольцевом замещении. В растительном организме они обладают полифункциональным действием: с одной стороны активно участвуют в регуляции роста, повышая уровень ауксинов, с другой – являются одним из биохимических агентов формирования самых разнообразных защитных реакций растения в ответ на биогенные и абиогенные стрессы [Чурикова, Малеванная, 2004]. В частности, гидроксикоричные кислоты участвуют в салицилатном пути формирования индуцированных защитных химических реакций, повышающих устойчивость растений к внедрению патогенов [Тютюрев, 2002].

Аттрактивная реакция калифорнийского трипса на растения была выявлена и при обработке огурца посевого хитозансодержащим индуктором болезнестойкости Хитозаром М, содержащим салициловую кислоту и индуцирующим салицилатный путь формирования устойчивости растений [Юрченко и др., 2004]. Это дает основание предположить, что обработка огурца посевого иммуномодуляторами, индуцирующими салицилатный путь формирования защитных химических реакций, способствует привлечению калифорнийского трипса к растениям.

Биохимические и молекулярно-генетические исследования формирования индуцированной устойчивости растений к белокрылке и глям показывают, что салицилат-зависимый сигнальный путь, характерный для ответных реакций растений при повреждении фитопатогенами, является ведущим в обеспечении индуцированной устойчивости растений к флоэмо-сосущим насекомым [Zarate et al., 2007; Puthoff et al., 2010; Yang, 2011]. Это подтверждает выявленная нами репеллентная реакция белокрылки на растения огурца при обработке семядольных листьев и снижение на 25,4% численности ее дочернего поколения при обработке первого настоящего листа цирконом. Однако имеются работы, свидетельствующие о наличии нескольких сигнальных путей в растении при формиро-

нии индуцированной устойчивости к фитофагам, и в частности об участии жасмоновой кислоты в формировании устойчивости растений к флоэмо-сосущим вредителям [El-Wakeil et al., 2010; Cao, et al. 2014].

Несмотря на то, что ведущую роль в формировании устойчивости растений к паутинному клещу таких культур, как лимская фасоль и томаты, отводят жасмоновой кислоте [Ament et al., 2004; Zhang et al., 2009], выявленное нами снижение плодовитости паутинного клеща на обработанных цирконом растениях огурца, равно как и при обработке Хитозаром М [Кириллова, 2008], дает основание предположить о возможном участии салицилатного пути в повышении индуцированной устойчивости огурца к данному фитофагу.

#### Библиографический список

- Иванова, А. Эффективность регуляторов роста и их смесей в борьбе с филлоксерой в условиях винограда «Бештау» / А. Иванова, Т. Иващенко // Научные труды Ставропольского СХИ. 1982. С. 3 – 7.
- Закладной Г.А. Защита зерна и продуктов его переработки от вредителей / Г.А. Закладной. М.: Колос, 1983. С. 212.
- Кириллова О.С. Влияние хитозансодержащих индукторов болезнестойчивости на динамику численности паутинного клеща / О. С. Кириллова, В. Н. Буров // В кн.: Современные проблемы иммунитета растений к вредным организмам. Вторая всероссийская конференция. Материалы докладов. СПб., 29 сентября - 2 октября 2008 г. СПб., 2008. С. 255 – 256
- Малеванная Н. Н. Циркон на службе растений / Н. Н. Малеванная // Гавриш. 2001. N 1. С. 21.
- Малеванная Н.Н. Циркон – препарат для сельского хозяйства, полученный на основе нетрадиционного растительного сырья / Н. Н. Малеванная, Н. В. Быховская // Актуальные проблемы инноваций с нетрадиционными растительными ресурсами создание функциональных продуктов. М.: 2001. С. 227 – 229.
- Пушкина Г.П. Пути повышения эффективности защиты лекарственных культур от вредных организмов / Г. П. Пушкина, Л. М. Бушковская // Регуляция роста, развития и продуктивности растений. Материалы IV международной научной конференции. Минск, 2005. С. 193 – 288.
- Рябченко Н.А. Влияние регуляторов роста на повреждаемость ячменя / Н. А. Рябченко, Р. Н. Лохоня, Л. И. Ромейко и др. // Защита растений. 1988. N 4. С. 16 – 18.
- Степаньчева Е. А. Влияние насекомых-фитофагов с различным типом питания на индуцированную устойчивость растений томата / Е.А. Степаньчева, Т.Д. Черменская, М.О. Петрова и др. // Евроазиатский энтомологический журнал. 2007. Т. 6, вып. 1. С. 19 – 24.
- Тарчевский, И.А. Сигнальные системы клеток растений / И.А. Тарчевский. М.: Наука, 2002. С. 294.
- Трепашко Л. И. Влияние регуляторов роста на динамику численности популяций вредных насекомых в агроценозе зерновых культур. / Л. И. Трепашко, С.В. Бойко, О.Ф. Слабожанкина // Регуляция роста, развития и продуктивности растений. Материалы 4-й международной научной конференции. Минск, 2005. С. 234 – 235.
- Тютюрев, С. Л. Научные основы индуцированной болезнестойчивости растений / С. Л. Тютюрев. СПб.: 2002. С. 328
- Тютюрев, С. Л. Механизмы индуцированного иммунитета и возможности его использования в защите растений // Современные проблемы иммунитета растений к вредным организмам (Санкт-Петербург, 29 сентября – 2 октября 2008 г.). СПб.: 2008. С. 278–280.
- Чурикова В.В. К вопросу о механизме защитного действия Циркона / В.В. Чурикова, Н. Н. Малеванная // Применение препарата Циркон в производстве сельскохозяйственной продукции: тезисы докладов конференции. Москва, 2004. С. 3 – 4.
- Юрченко О.С. Влияние обработок всходов огурца хитозансодержащими индукторами болезнестойчивости на ольфакторные реакции калифорнийского трипса *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) и хищного клопа *Orius laevigatus* (Fieber) (Heteroptera: Anthocoridae) / О.С. Юрченко, О.Г. Селицкая, В.Н. Буров, С.Л. Тютюрев // Энтомологическое обозрение. 2004. Т. 83, N 4. С. 808 – 815.
- Ament, K. Jasmonic acid is a key regulator of spider mite-induced volatile terpenoid and methyl salicylate emission in tomato / K. Ament, M. Kant, M. W. Sabelis et al. // Plant Physiology. 2004. Vol. 135, N 4. P. 2025–2037.
- Cao, H. Jasmonate- and salicylate-induced defenses in wheat affect host preference and probing behavior but not performance of the grain aphid, *Sitobion avenae* / H. Cao, S. Wang, T. Liu // Insect Science. 2014. Vol.21. P. 47 – 55.
- El-Wakeil, N. Jasmonic acid induces resistance to economically important insect pests in winter wheat / N. E. El-Wakeil, C. Volkmar, A. A. Sallam // Pest Management Science. 2010. Vol. 66. P. 549 – 554.
- Paulson, G.S. Effect of a plant growth regulator prohexadione-calcium on insect pests of apple and pear / G. S. Paulson, L. A. Hull, D.J. Biddinger // J. Econom. Entomol. 2005. Vol. 98, N 2. P. 423 – 431.
- Puthoff, D. Tomato pathogenesis-related protein genes are expressed in response to *Trialeurodes vaporariorum* and *Bemisia tabaci* biotype B feeding / D. P. Puthoff, F. M. Holzer, T. M. Perring et al. // J. Chem. Ecol. 2010. Vol.36. P. 1271 – 1285.
- Shamshev, I. Behavioural responses of western flower thrips (*Frankliniella occidentalis* (Pergande)) to extract from meadow-sweet (*Filipendula ulmaria* Maxim.): laboratory and field bioassays / I. Shamshev, O. Selytskaya, T. Chermenskaya et al // Archives of Phytopathology and Plant Protection. 2003. Vol. 36, N 2. P. 111 – 118.
- Yang, J. Whitefly infestation of pepper plants elicits defence responses against bacterial pathogens in leaves and roots and changes the below-ground microflora / J. W. Yang, H. Yi, H. Kim<sup>1</sup> et al. // J. Ecology. 2011. Vol. 99, N 1. P. 46 – 56.
- Zarate, S. I. Silverleaf whitefly induces salicylic acid defenses and suppresses effectual jasmonic acid defenses / S.I. Zarate, L. A Kempema, L. L. Walling // Plant physiology. 2007. Vol. 143. P. 866 – 875.
- Zhang, P. J. Whiteflies interfere with indirect plant defense against spider mites in Lima bean / P. J. Zhang, S. J. Zheng, J. J. A. Van Loon et al. // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 2009. Vol. 106, N 50. P. 21202–21207.

Plant Protection News, 2015, 1(83), p. 58 - 62

## ZIRCON AS IMMUNOMODULATOR OF INDUCED CUCUMBER RESISTANCE TO PHYTOPHAGES

O.S. Kirillova, O.G. Selitskaya

All-Russian Institute of Plant Protection, Saint Petersburg, Russia

The escalation of application of plant immunomodulators requires development of a comprehensive assessment of their impact on organisms living in protected agroecosystems. The olfactometer and cage studies revealed changes in feeding behaviour, as well as changes in number of filial generation of the Western flower thrips *Frankliniella occidentalis* Pergande,



greenhouse whiteflies *Trialeurodes vaporariorum* Westwood and in fecundity of spider mites *Tetranychus urticae* Koch, when cucumber plants were treated with growth regulator zircon. It was found that applications of zircon to seedlings and cotyledons of cucumber plants induced systemic release of volatile organic compounds that repelled whiteflies, but attracted thrips. Another result was observed, when second true leaves were treated with zircon. An absence of systemic effects on phytophages by volatile organic compounds was showed, but the numbers of filial generation of whiteflies and fecundity of spider mites decreased on the plant leaves treated with zircon, as compared with the untreated plants. The results of detailed studies of plant responses to treatment with immunomodulators could be used to develop science-based strategies for the use of induced plant resistance to phytophages as a part of the integrated pest management in order to optimize the phytosanitary condition of agroecosystems.

**Keywords:** *Frankliniella occidentalis*; *Tetranychus urticae*; *Trialeurodes vaporariorum*; olfactory response; filial generation; phytophage; plant morphophysiology.

## References

- Ament K., M. Kant, M.W. Sabelis. Jasmonic acid is a key regulator of spider mite-induced volatile terpenoid and methyl salicylate emission in tomato. *Plant Physiology*. 2004. Vol. 135, N 4. P. 2025–2037.
- Cao H., S. Wang, T. Liu. Jasmonate- and salicylate-induced defenses in wheat affect host preference and probing behavior but not performance of the grain aphid, *Sitobion avenae*. *Insect Science*. 2014. Vol.21. P. 47–55.
- Churikova V.V., N.N. Malevannaya. To a question on the mechanism of protective effect of Zircon. In: *Primenenie preparata Tsirkon v proizvodstve sel'skokhozyaistvennoi produktsii: tezisy dokladov konferentsii*. Moscow, 2004. P.3–4. (In Russian).
- El-Wakeil N.E., C. Volkmar, A. A. Sallam, Jasmonic acid induces resistance to economically important insect pests in winter wheat. *Pest Management Science*. 2010. Vol. 66. P. 549–554.
- Ivanova A., T. Ivakhnenko. Efficiency of growth regulators and their mixes in fight against phylloxera in conditions of "Beshtau" farm. *Nauchnye trudy Stavropol'skogo SKhI*. Stavropol. 1982. P. 3–7. (In Russian).
- Kirillova O.S., V. N. Burov. Influence of chitozan-containing inductors of resistance to diseases on population dynamics of web mite. In: *Sovremennye problemy immuniteta rastenii k vrednym organizmam. Vtoraya vserossiiskaya konferentsiya. Materialy dokladov*. St. Petersburg, 29 September – 2 October 2008. St. Petersburg, 2008. P. 255–256. (In Russian).
- Malevannaya N. N. Zircon serves plants. *Gavrish*. 2001. N 1. P. 21. (In Russian).
- Malevannaya N.N., N. V. Bykhovskaya. Zircon – the preparation for agriculture received on the basis of nonconventional vegetable raw materials. In: *Aktual'nye problemy innovatsii s netraditsionnymi rastitel'nymi resursami sozdanie funktsional'nykh produktov*. Moscow, 2001. P. 227–229. (In Russian).
- Paulson, G.S., L.A. Hull, D.J. Biddinger. Effect of a plant growth regulator prohexadione-calcium on insect pests of apple and pear. *J. Econom. Entomol.* 2005. Vol. 98, N 2. P. 423–431.
- Pushkina G.P., L.M. Bushkovskaya. Ways of increase of efficiency of protection of medicinal cultures against harmful organisms. In: *Regulyatsiya rosta, razvitiya i produktivnosti rastenii. Materialy IV mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii*. Minsk, 2005. P. 193–288. (In Russian).
- Puthoff, D.P., F.M. Holzer, T.M. Perring. Tomato pathogenesis-related protein genes are expressed in response to *Trialeurodes vaporariorum* and *Bemisia tabaci* biotype B feeding. *J. Chem. Ecol.* 2010. Vol.36. P. 1271–1285.
- Ryabchenko N.A., R.N. Lokhonya, L.I. Romeiko. Influence of growth regulators on barley damageability. *Zashchita rastenii*. 1988. N 4. P. 16–18. (In Russian).
- Shamshev I., O. Selytskaya, T. Chermenskaya. Behavioural responses of western flower thrips (*Frankliniella occidentalis* (Pergande)) to extract from meadow-sweet (*Filipendula ulmaria* Maxim.): laboratory and field bioassays. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*. 2003. Vol. 36, N 2. P. 111–118.
- Stepanycheva E.A., T.D. Chermenskaya, M.O. Petrova. Vliyanie nasekomykh-fitofagov s razlichnym tipom pitaniya na indutsirovannuyu ustoychivost' rastenii tomata. *Evroaziatskii entomologicheskii zhurnal*. 2007. V. 6, N. 1. P. 19–24. (In Russian).
- Tarчевskii, I.A. Alarm systems of plant cells. Moscow: Nauka, 2002. 294 p. (In Russian).
- Trepashko L.I., S.V. Boiko, O.F. Slabozhankina. Influence of growth regulators on population dynamics of harmful insects in grain agrocenosis. In: *Regulyatsiya rosta, razvitiya i produktivnosti rastenii. Materialy 4-i mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii*. Minsk, 2005. P. 234–235. (In Russian).
- Tyuterev S.L. Mechanisms of the induced immunity and possibility of its use in plant protection. In: *Sovremennye problemy immuniteta rastenii k vrednomu organizmu* (St. Petersburg, 29 September – 2 October 2008). St. Petersburg, 2008. P. 278–280. (In Russian).
- Tyuterev S.L. Scientific bases of induced resistance of plants to diseases. St. Petersburg, VIZR. 2002. 328 p. (In Russian).
- Yang J.W., H. Yi, H. Kim. Whitefly infestation of pepper plants elicits defence responses against bacterial pathogens in leaves and roots and changes the below-ground microflora. *J. Ecology*. 2011. Vol. 99, N 1. P. 46–56.
- Yurchenko O.S., O.G. Selitskaya, V.N. Burov, S.L. Tyuterev. Influence of processings of cucumber shoots by chitozan-containing inductors of plant resistance to diseases on olfactory reactions of trips *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) and predatory *Orius laevigatus* (Fieber) (Heteroptera: Anthocoridae). *Entomologicheskoe obozrenie*. 2004. T. 83, N 4. P. 808 – 815. (In Russian).
- Zakladnoi G.A. Protection of grain and products of its processing against pests. Moscow: Kolos, 1983. 212 p. (In Russian).
- Zarate S.I., L.A. Kempema, L.L. Walling. Silverleaf whitefly induces salicylic acid defenses and suppresses effectual jasmonic acid defenses. *Plant physiology*. 2007. Vol. 143. P. 866–875.
- Zhang P.J., S.J. Zheng, J.J.A. Van Loon. Whiteflies interfere with indirect plant defense against spider mites in Lima bean. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 2009. Vol. 106, N 50. P. 21202–21207.

## Сведения об авторах

Всероссийский НИИ защиты растений,  
шоссе Подбельского, 3, 196608 Санкт-Петербург-Пушкин,  
Российская Федерация  
\*Кириллова Ольга Сергеевна. Младший научный сотрудник,  
e-mail: ol-yurchenko@yandex. ru  
Селицкая Оксана Георгиевна. Старший научный сотрудник,  
кандидат биологических наук

\* Ответственный за переписку

## Information about the authors

All-Russian Institute of Plant Protection,  
Podbelskogo shosse, 3, 196608, St Petersburg-Pushkin,  
Russian Federation  
\*Kirillova Olga Sergeevna. Junior Research Associate,  
e-mail: ol-yurchenko@yandex. ru  
Selytskaya Oksana Georgijevna. Senior Research Associate,  
Candidate of Science in Biologys

\* Responsible for correspondence