



ISSN 1727-1320 (Print),
ISSN 2308-6459 (Online)

В Е С Т Н И К
ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

PLANT PROTECTION NEWS

2020 ТОМ **103** ВЫПУСК **4**
VOLUME ISSUE



ОСОБЕННОСТИ ВНУТРИ- И МЕЖВИДОВЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ ОРАНЖЕРЕЙНОЙ БЕЛОКРЫЛКИ *TRIALEURODES VAPORARIORUM* И ОБЫКНОВЕННОГО ПАУТИННОГО КЛЕЩА *TETRANYCHUS URTICAE* НА ОГУРЦЕ

О.С. Кириллова*, В.А. Раздобурдин

Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Санкт-Петербург

* ответственный за переписку, e-mail: ol-yurchenko@yandex.ru

В лабораторных условиях на огурце проводили оценку опосредованных через растение взаимодействий оранжерейной белокрылки *Trialeurodes vaporariorum* и паутинного клеща *Tetranychus urticae*. Проростки в фазе первого настоящего листа заселяли фитофагами в двух вариантах плотности. Эти растения далее предлагались вредителям для изучения их реакции. Проявлениями данных реакций выступали степень предпочтения кормового субстрата фитофагами в условиях свободного выбора, а также численность личинок дочернего поколения белокрылки и суточная плодовитость паутинного клеща. Показано, что антиксенотические и антибиотические по отношению к вредителям свойства огурца зависели от вида фитофага-индуктора и от степени повреждения растения. Повреждения растений белокрылкой влияли на поведение и развитие особей только этого же вида. Повреждения паутинным клещом воздействовали на жизнедеятельность особей как этого вида фитофага, так и оранжерейной белокрылки. Анализ литературы по данной проблематике и результаты наших исследований свидетельствуют о специфичности ответных реакций растения на повреждения членистоногими, которая может определяться видовыми особенностями фитофагов и зависеть от характера и степени повреждения растения.

Ключевые слова: насекомые-фитофаги, плотность популяции, поведение, развитие, повреждение растений, реакция фитофагов

Поступила в редакцию: 12.03.2020

Принята к печати: 29.11.2020

Введение

В настоящее время известно, что при повреждении фитофагами в растениях развиваются многообразные изменения метаболических процессов, приводящих к образованию ряда защитных веществ с разными типами биологической активности. Реакции различных видов растений в ответ на повреждение одним и тем же видом фитофага, как и реакции одного и того же вида растения на повреждения разными видами фитофагов могут существенно различаться (Godinho et al., 2016; War et al., 2018). Развитие и проявление защитных реакций растений зависят от характера и степени их повреждения. В этой связи определяющую роль играют видовые особенности пищевой специализации и строения ротового аппарата фитофага (Fürstenberg-Hägg et al., 2013).

Биохимическими и молекулярно-генетическими исследованиями последних двух десятилетий установлено, что определяющую роль в формировании защитных реакций растений при повреждении фитофагами играют такие фитогормоны как жасмоновая и салициловая кислоты и этилен (Конарев, 2017; Lu et al., 2014; War et al., 2019). В частности, баланс гормонов и их концентрации определяют исход взаимодействия так называемых жасмонатного и салицилатного сигнальных путей в развитии устойчивости растения; возможность регулирования взаимосвязи и взаимозависимости этих сигнальных путей обеспечивает потенциал для проявления и реализации иммунитета растения (Шафикова, Омеличкина, 2015).

На примере различных систем «растение-фитофаг» показано, что под влиянием повреждений вредителями с грызущим ротовым аппаратом, а также членистоногими с колюще-сосущим ротовым аппаратом, питающихся мезофиллом листа (в частности, клещами и трипсами), в

растительных тканях активизируются биохимические реакции, преимущественно связанные с синтезом жасмоновой кислоты и этилена (Thaler et al., 2001; Dahl, Baldwin, 2007; He, 2016). Флоэмсосущие насекомые вызывают у повреждаемого растения защитные химические реакции, обусловленные синтезом салициловой кислоты и ее производных (Zarate et al., 2007; Puthoff et al., 2010; Zhang et al., 2013).

В большинстве зарубежных публикаций, посвященных изучению защитных реакций растений в ответ на повреждение членистоногими из сем. *Aleurodidae*, объектом исследований являлась табачная белокрылка *Bemisia tabaci* Gennadius (= *Bemisia argentifolli* Bellows and Perring). В отношении представителя другого рода из этого семейства – оранжерейной белокрылки *Trialeurodes vaporariorum* Westwood, которая широко распространена в России, публикации по данной тематике немногочисленны. В теплицах *Trialeurodes vaporariorum* зачастую присутствует одновременно с паутинным клещом *Tetranychus urticae* Koch. Оранжерейная белокрылка и паутинный клещ обитают преимущественно на нижней стороне листьев. Оба вида вредителей являются полифагами. Одним из наиболее благоприятных кормовых растений для обоих фитофагов является огурец. Как в нашей стране, так и за рубежом огурец – одна из основных культур в закрытом грунте, где на растениях могут одновременно обитать вредители разных видов (белокрылки, трипсы, клещи, тли и др.). Применение в теплицах химических средств биоцидного действия строго регламентировано. В связи с этим, расширение знаний о взаимовлиянии фитофагов, разделяющих общий кормовой ресурс, важно для разработки путей совершенствования прогноза численности и

вредоносности вредителей и повышения экологической безопасности защиты культуры.

Целью наших исследований являлось изучение

особенностей взаимодействий оранжерейной белокрылки и паутинного клеща на огурце в начальный период роста и развития растений

Материалы и методы

Исследования проводили на пчелоопыляемом сортообразце огурца Фларри F1. Растения выращивали в пластиковых стаканах с объемом почвы 200 мл. Оранжерейную белокрылку и паутинного клеща разводили на растениях этого же гибрида огурца при длине светового периода 16 часов и температуре 22–25 °С. Изучали реакции обоих видов членистоногих на повреждение огурца каждым из них. Общая схема проведения эксперимента включала варианты: 1 – повреждение растений белокрылкой, оценка реакции белокрылки; 2 – повреждение растений белокрылкой, оценка реакции клеща; 3 – повреждение растений клещом, оценка реакции клеща; 4 – повреждение растений клещом, оценка реакции белокрылки.

Растения в фазе первого настоящего листа заселяли имаго белокрылки или самками паутинного клеща сроком на 3 суток. Создавали два варианта плотности вредителей: паутинного клеща – 8 и 16 самок на растение, оранжерейной белокрылки – 10 и 25 имаго. Это обеспечивало разную степень поврежденности проростков фитофагами. Растения с членистоногими по одному помещали в стеклянные садки ($d = 18$ см, $h = 25$ см), затянутые мельничным газом в целях предотвращения вторичного заселения вредителями. По истечении 3-х суток имаго белокрылки удаляли эксгаустером, а имаго клеща и отложенные ими яйца – с помощью кисточки. Растения доращивали до образования второго настоящего листа в течение 7 дней в садках. Поскольку на растениях, заселенных белокрылкой, после удаления имаго оставались отложенные яйца, на седьмые сутки на 1-м настоящем листе находились личинки первого и второго возраста.

Перед использованием растений в экспериментах первый настоящий лист, поврежденный тем или иным вредителем, удаляли. С контрольных растений 1-ый настоящий лист так же удаляли. Контролем являлись неповрежденные растения, которые выращивали одновременно с опытными при такой же температуре, влажности и освещенности. Опытные и контрольные растения выращивались в отдельных боксах. Это исключало обмен информацией между заселенными и незаселенными фитофагами растениями посредством летучих соединений, о возможности которого известно из литературы (Bruin et al., 1992; Zhang et al., 2019).

Для оценки предпочтения растений взрослыми особями белокрылки в стеклянный садок, затянутый мельничным газом ($d = 18$ см, $h = 25$ см), помещали по одному контрольному

и опытному растению, растущих в пластиковых стаканах, и выпускали 30 имаго, собранных эксгаустером. До выпуска насекомые находились в эксгаустере в течение 1 часа для усиления мотивации к поиску кормового растения. Через сутки после выпуска белокрылки проводили учет распределения имаго по растениям. Долю особей на растениях рассчитывали от числа выпущенных имаго. Эксперимент проводили в 10 повторностях.

Изучение выбора паутинным клещом листьев с опытных и контрольных растений проводили в стеклянных садках диаметром 50 см и высотой 15 см. На дно садка помещали увлажненную бумажную салфетку, на которую выкладывали по кругу в порядке чередования только что срезанные листья второго яруса с трех контрольных и трех опытных растений. Растения находились в фазе второго полностью развернутого настоящего листа, с растений брали по одному листу. В центр сосуда выпускали 30 взрослых самок клеща. Сосуды затягивали пищевой пленкой для предотвращения увядания листьев. Учет количества клещей на листьях проводили через 1 сутки. Долю особей на листовых пластинках рассчитывали от числа выпущенных. Эксперимент проводили в 9 повторностях.

Воздействие защитных реакций огурца на численность дочернего поколения белокрылки оценивали по количеству личинок четвертого возраста. С этой целью опытные и контрольные растения по одному помещали в стеклянные садки, в каждый из которых выпускали по 10 самок фитофага. Через 1 сутки насекомых удаляли с помощью эксгаустера, а растения оставляли на 20 дней до появления личинок четвертого возраста. Количество повторностей в опыте – 10.

Влияние защитных реакций огурца на плодовитость паутинного клеща определяли по количеству яиц, отложенных самкой в течение суток. Для этого на второй настоящий лист опытных и контрольных растений кисточкой помещали по 3 молодые самки. Через трое суток подсчитывали количество яиц на растении и рассчитывали среднюю суточную плодовитость вредителя. Опыт выполняли в 10 повторностях.

Для определения снижения численности потомства фитофагов (СЧП) использовали формулу: $СЧП = [(кол-во особей в контроле - кол-во особей в опыте) / кол-во особей в контроле] \times 100$ (Степаньчева и др., 2007).

При статистическом анализе полученных результатов достоверность различий средних определяли с помощью t -критерия Стьюдента.

Результаты

Исследования показали, что при повреждении огурца белокрылкой в условиях низкой плотности насекомого (10 имаго на растение) взрослые особи этого же вида не проявляли предпочтения при выборе между опытными и контрольными растениями. Статистически достоверные различия в избирательности растений белокрылкой были выявлены в опытах с плотностью этого вредителя на этапе повреждения в 25 особей на растение. В обоих вариантах плотности белокрылки-индуктора существенных различий в выборе паутинным клещом листьев с контрольных и опытных растений не обнаружено (табл. 1).

В вариантах с повреждением огурца паутинным клещом самки этого вредителя предпочитали заселять листья с контрольных растений. Это наблюдалось в экспериментах с большой плотностью клеща-индуктора (16 особей на растение). Имаго белокрылки также предпочитали заселять неповрежденные растения, но достоверные различия были показаны только для растений с меньшей плотностью клеща-индуктора (8 особей на растение) (табл. 1). Данные, приведенные в таблице 1, демонстрируют выбор кормовых растений, связанный с ольфакторной и вкусовой реакциями фитофагов.

Таблица 1. Предпочитаемость оранжерейной белокрылкой и паутинным клещом растений, поврежденных и неповрежденных этими фитофагами
 Table 1. The preference of greenhouse whiteflies and spider mites on the cucumber plants damaged and undamaged by these herbivores

Плотность имаго фитофага при повреждении огурца, экз. / раст.	Доля прореагировавших особей, %			
	Оранжерейная белокрылка		Паутинный клещ	
	Опыт	Контроль	Опыт	Контроль
Растения повреждены оранжерейной белокрылкой				
10	44.2 ± 5.8	37.6 ± 4.6	41.2 ± 5.7	44.3 ± 4.3
25	34.7 ± 2.7	46.4 ± 3.2 b *	45.4 ± 5.1	37.5 ± 5.7
Растения повреждены паутинным клещом				
8	29.7 ± 4.5	43.2 ± 4.1 *	55.6 ± 4.2	44.4 ± 8.2
16	36.3 ± 4.9	47.5 ± 5.9	32.4 ± 6.4	67.7 ± 4.6 *

Примечание: показатели выбора растений фитофагами приведены, как средние значения ± ст. ошибка;

* – различия средних значений в опыте и контроле достоверны при $p \leq 0.05$.

На предварительно поврежденных белокрылкой растениях численность личинок вредителя этого же вида в опыте достоверно отличалась от контроля только в вариантах эксперимента с максимальной плотностью насекомого-индуктора (25 имаго на растение). Плодовитость паутинного клеща на поврежденных белокрылкой и контрольных

растениях статистически не различалась в обоих вариантах плотности.

Иную картину наблюдали на растениях, поврежденных паутинным клещом. Статистически достоверное негативное воздействие опытных растений отмечено только в отношении паутинного клеща при низкой плотности этого фитофага как индуктора (8 клещей на растение) (табл. 2).

Таблица 2. Влияние повреждения огурца фитофагами на численность личинок оранжерейной белокрылки и плодовитость паутинного клеща

Table 2. The effect of cucumber damage by herbivores on the number of greenhouse whitefly larvae and spider mite fecundity

Плотность имаго фитофага при повреждении огурца, экз. / раст.	Численность личинок белокрылки, экз. / раст.			Плодовитость паутинного клеща, яиц / самку/день		
	Опыт	Контроль	СЧП, %	Опыт	Контроль	СЧП, %
Растения повреждены оранжерейной белокрылкой						
10	23.7 ± 4.4	23.3 ± 5.1	-1.7	12.6 ± 3.3	11.7 ± 3.1	-7.7
25	15.2 ± 2.5	23.7 ± 3.4 *	35.9	11.3 ± 4.3	10.7 ± 3.2	-5.6
Растения повреждены паутинным клещом						
8	21.4 ± 3.4	19.3 ± 5.2	-10.9	12.1 ± 0.8	14.6 ± 1.1*	17.1
16	13.4 ± 2.4	18.4 ± 2.2	27.2	9.7 ± 2.7	14.3 ± 2.9	32.2

Примечание: показатели численности фитофагов приведены, как средние значения ± ст. ошибка;

* – различия средних значений в опыте и контроле достоверны при $p \leq 0.1$

Интересным представляется сравнение показателей численности личинок белокрылки и плодовитости клеща в опытных вариантах – на растениях, поврежденных фитофагами-индукторами при двух вариантах их плотности. Повышение плотности белокрылки-индуктора с 10 до 25 имаго на растении вызывало при повторном заселении огурца снижение численности личинок этого насекомого на 35.9%. Практически такое же снижение численности личинок белокрылки (на 37.4%) наблюдается при увеличении численности с 8 до 16 особей другого индуктора – самок паутинного клеща. Снижения плодовитости паутинного клеща в аналогичных вариантах эксперимента не выявлено.

Значения численности личинок белокрылки и суточной плодовитости клеща имели в целом более высокую вариабельность в сравнении с показателями предпочтительности растений вредителями. В связи с этим в данном эксперименте статистическая достоверность различий показателей в опытных и контрольных вариантах оказалась ниже.

Полученные данные свидетельствуют, что при совместном обитании вредителей на изучаемом сортообразце огурца паутинный клещ способен негативно влиять на развитие тепличной белокрылки, не испытывая отрицательного воздействия с её стороны.

Обсуждение

Численность личинок белокрылки и плодовитость паутинного клеща (табл. 2) являются показателями физиологического состояния вредителей и отражают антибиотическое воздействие растений на фитофагов. При этом физиологическое состояние особей может зависеть не только от результативности усвоения пищевых ресурсов,

но и от продолжительности как поиска ими места питания на листьях, так и собственно акта питания, что предполагает влияние и антиксенотических свойств кормового растения. Ольфакторные и вкусовые реакции фитофагов при выборе кормового растения могут быть обусловлены

выделением растительными тканями летучих химических соединений.

Представленные данные показывают, что повреждение огурца оранжевой белокрылкой не оказывает существенного влияния на предпочтение и плодовитость паутинного клеща. Однако, ранее было показано снижение численности популяции паутинного клеща на поврежденном *T. vaporariorum* огурце при одновременном увеличении биологической эффективности акарифагов *Phytoseiulus persimilis* Ath.-H. и *Neoseiulus californicus* McG., которые быстрее снижали численность вредителя на поврежденных белокрылкой растениях, чем на контрольных (Messelink, Janssen, 2009). Негативное влияние как оранжевой белокрылки на паутинного клеща, так и клеща на белокрылку выявлено иранскими исследователями на клубнике (Mortazavi et al., 2017). Неоднозначные результаты получены рядом исследователей на томате при изучении воздействия на оранжевую белокрылку растений, поврежденных этим же видом. Так, имеются данные, демонстрирующие отсутствие влияния растений при их повреждении *T. vaporariorum* на поведение особей этого вида при вторичном заселении (Степаньчева и др., 2007). Однако, в аналогичных исследованиях показано репеллентное действие на *T. vaporariorum* растений томата, поврежденных этим же видом. На баклажане, напротив, выявлено аттрактивное действие поврежденных оранжевой белокрылкой растений на особей этого же вида (Darshanee et al., 2017).

Поскольку влияние кайромонов или других продуктов жизнедеятельности фитофагов на реакцию тестируемых вредителей в наших экспериментах маловероятно, можно полагать, что реакции фитофагов опосредованы растением, а его модификация при повреждении связана с развитием у растения огурца защитных биохимических реакций системного действия.

Известно, что одним из важнейших факторов, определяющих характер проявления защитных реакций растений в ответ на повреждение фитофагами, является плотность вредителя, от которой зависит степень вызываемых им повреждений. Исследования на проростках огурца, хлопчатника, фасоли демонстрируют, что при повреждении паутинным клещом ответные реакции растений проявляются уже при плотности членистоногих от 3–5 до 10–15 особей на лист (Harrison, Karban, 1986; Balkema-Boomstra et al., 2003), а с увеличением плотности с 20 до 140 особей интенсивность эмиссии летучих соединений возрастает более, чем в 4 раза (Maeda, Takabayashi, 2001). В наших экспериментах при небольшом количестве паутинного клеща (8 особей) происходило уменьшение заселенности растений белокрылкой и снижение плодовитости самок клеща при повторном заселении. При плотности клеща-индуктора 16 особей белокрылки также предпочитали контрольные растения, но различия средних значений достоверны только на уровне ошибки опыта; показатели плодовитости клеща на контрольных и опытных растений статистически не различались. При небольшой плотности *T. vaporariorum* (10 особей) изменения в поведении и развитии обоих фитофагов не обнаружено, тогда как увеличение плотности белокрылки в 1.5 раза (до 25 имаго) привело в дальнейшем к негативному влиянию поврежденных растений на насекомое. Это проявлялось при свободном

выборе фитофага в предпочтении контрольных растений, а также в меньшей численности его личинок на опытных растениях в сравнении с контролем.

Следует отметить, что изучаемый сорт огурца способен к синтезу кукурбитацинов – веществ вторичного обмена из класса тетрациклических тритерпеноидов, что нами было установлено органолептически (по горькому вкусу семядольных листьев). Известно, что накопление кукурбитацинов в растительных тканях огурца может быть ответной реакцией растения на повреждение фитофагами. Показано, что повреждение паутинным клещом проростков в фазе семядольных листьев вызывало в дальнейшем повышение содержания кукурбитацинов в семядольных листовых пластинках и в первом настоящем листе (на 30 и 50% соответственно). При вторичном заселении этих растений вредителем численность паутинного клеща снижалась почти в 2 раза в сравнении с растениями, семядольные листья которых фитофагом не были повреждены. У сортов, неспособных к синтезу кукурбитацинов, напротив, повреждение семядольных листьев клещом не влияло на развитие вредителя (Agrawal et al., 1999). Таким образом, можно предположить, что выявленное в настоящем исследовании негативное влияние растений, поврежденных клещом, на вредителей связано с продукцией поврежденными растениями кукурбитацинов и/или других вторичных метаболитов.

Вещества, попадающие в растительные ткани в процессе питания фитофагов и при откладке яиц выполняют в растительном организме сигнальные функции и запускают каскады химических реакций, результатом которых является транскрипция генов, ответственных за синтез защитных соединений (War et al., 2019). В отличие от листогрызущих фитофагов, использующих при питании практически все ткани листа, повреждения членистоногими, обладающими колюще-сосущим ротовым аппаратом, как правило, приурочены к определенным типам растительных тканей. Для белокрылки характерно питание ассимилятами из флоэмы проводящих пучков, тогда как для клеща – потребление содержимого клеток мезофилла листа. Паутинный клещ не разрушает клетки эпидермиса листа, внедряя стилеты между клеток эпидермы или через устьица, питаясь содержимым клеток как губчатой, так и палисадной паренхимы (Bensoussan et al., 2016). Белокрылка, обитая на абаксиальной стороне листовой поверхности, при питании внедряет свои стилеты через эпидермис листа так же интерцеллюлярно (Weber, 1931), формируя в мезофилле листа из затвердевающих выделений слюнных желез чехлик для колющих щетинок. Самка клеща при откладке яиц приклеивает покрытое секреторными выделениями яйцо на поверхность листа, прикрепляя его паутиной. При этом, отсутствие механических повреждений растительной ткани в процессе откладки яиц не исключает химического воздействия. Оранжевая белокрылка при откладке яиц делает яйцекладом отверстие между клетками эпидермиса, которое заполняет клейким секретом из железы на кончике брюшка, и вкалывает яйцо в отверстие стебельком. Длина стебелька составляет около 10% от длины яйца. Секрет, который попадает и в межклетники мезофилла, застывает и прочно удерживает яйцо на абаксиальной стороне листа (Weber, 1931). В данном случае

очевидно как механическое, так и химическое воздействие насекомого на растительные ткани.

Некоторыми авторами выдвинуто предположение, что при повреждении растений паутиным клещом активаторами ответных реакций в растениях являются: фрагменты разрушенной стилетом клеща клетки и их производные под действием ферментов слюнных желез вредителя; секреты слюнных желез фитофага и пр. (Bensoussan et al., 2016). При повреждениях белокрылкой, по нашим представлениям, ответы растения могут вызывать как секреторные выделения для закрепления яйца на поверхности

листа, так и секреты слюнных желез, формирующих в межклетниках мезофилла чехлик колющих щетинок.

Результаты наших исследований позволяют предполагать, что на начальных этапах онтогенеза растений защитные реакции огурца, развивающиеся по салицилатному пути, воздействуют на жизнедеятельность *T. vaporariorum*, но не влияют на *T. urticae*. Реакции, формирующиеся по жасмонатному пути, способны влиять на поведение и развитие как паутинового клеща, так и оранжевой белокрылки.

Библиографический список (References)

- Конарев АВ (2017) Молекулярные аспекты иммунитета растений и их коэволюции с насекомыми. Биосфера 9(1):79–99. <https://doi.org/10.24855/biosfera.v9i1.325>
- Степаньчева ЕА, Петрова МО, Щеникова АВ, Черменская ТД (2007) Влияние насекомых-фитофагов с различным типом питания на индуцированную устойчивость растений томата. *Евроазиатский энтомологический журнал* 6(1):19–24
- Шафикова ТН, Омеличкина ЮВ (2015) Молекулярно-генетические аспекты иммунитета растений к фитопатогенным бактериям и грибам. *Физиология растений* 62(5):611–627. <https://doi.org/10.7868/S0015330315050140>
- Agrawal AA, Gorski PM, Tallamy DW (1999) Polymorphism in plant defense against herbivory: constitutive and induced resistance in *Cucumis sativus*. *J Chem Ecol* 25(10):2285–2304. <https://doi.org/10.1023/A:1020821823794>
- Balkema-Boomstra AG, S. Zijlstra S, Verstappen FWA, Inggamer H et al (2003) Role of cucurbitacin C in resistance to spider mite (*Tetranychus urticae*) in cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Chem Ecol* 29:225–234
- Bensoussan N, Santamaria ME, Zhurov V, DiazI et al (2016) Plant-Herbivore Interaction: Dissection of the cellular pattern of *Tetranychus urticae* feeding on the host plant. *Front Plant Sci* 7:1105. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01105>
- Bruin N, Dicke M, Sabelis M (1992) Plants are better protected against spider-mites after exposure to volatiles from infested conspecifics *Experientia* 48:525–529
- Dahl CC, Baldwin IT (2007) Deciphering the Role of Ethylene in Plant-Herbivore Interactions. *J Plant Growth Regul* 26:201–209. <https://doi.org/10.1007/s00344-007-0014-4>
- Darshanee HLC, Ren H, Ahmed N, Zhang Z et al (2017) Volatile-Mediated Attraction of Greenhouse Whitefly *Trialeurodes vaporariorum* to Tomato and Eggplant *Front Plant Sci* 8:1285. <https://doi.org/10.3389/fpls>
- Fürstenberg-Hägg J, Zagrobelny M, Bak S (2013) Plant Defense against Insect Herbivores *Int J Mol Sci* 14:10242–10297. <https://doi.org/10.3390/ijms140510242>
- Godinho DP, Janssen A, Dias T, Cruz C, Magalhães S (2016) Down-regulation of plant defence in a resident spider mite species and its effect upon con- and heterospecifics. *Oecologia* 180(1):161–167. <https://doi.org/10.1007/s00442-015-3434-z>
- Harrison S, Karban R (1986) Behavioral responses of spider mites (*T. urticae*) in induced resistance of cotton plants *Ecol Entomol* 11:181–187. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2311.1986.tb00293.x>
- He J (2016) Regulation of cucumber (*Cucumis sativus*) induced defence against the two spotted spider mite *Tetranychus urticae*. *Doctoral dissertation, Wageningen University*. 212 p.
- Lu J, Li J, Ju H, Liu X, Erb M et al (2014) Contrasting effects of ethylene biosynthesis on induced plant resistance against a chewing and a piercing-sucking herbivore in rice. *Mol Plant* 7(11):1–13. <https://doi.org/10.1093/mp/ssu085>
- Maeda T, Takabayashi J (2001) Production of herbivore-induced plant volatiles and their attractiveness to *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae) with changes *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) density on a plant. *Appl Entomol Zool* 36(1):47–52. <https://doi.org/10.1303/aez.2001.47>
- Messelink GJ, Janssen A (2009) Whitefly-induced plant defences in cucumber and their impact on biological control of spider mites. *IOBC/WPRS Bull* 50:63
- Mortazavi N, Fathipour Y, Talebi AA (2017) Interactions between two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* and greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* on strawberry *Syst Appl Acarol* 22(12):2083–2092. <https://doi.org/10.11158/saa.22.12.5>
- Puthoff D, Holzer FM, Perring TM, Walling LL et al (2010) Tomato pathogenesis-related protein genes are expressed in response to *Trialeurodes vaporariorum* and *Bemisia tabaci* biotype B feeding. *J Chem Ecol* 36:1271–1285. <https://doi.org/10.1007/s10886-010-9868-1>
- Thaler JS, Stout MJ, Karban R, Duffey SS (2001) Jasmonate-mediated induced plant resistance affects a community of herbivores. *Ecol Entomol* 26(3):312–324. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2311.2001.00324.x>
- War AR, Taggar GK, Hussain B, Taggar MS et al (2018) Plant defence against herbivory and insect adaptations. *AoB PLANTS* 10: ply037. <https://doi.org/10.1093/aobpla/ply037>
- War AR, Buhroo AA, Hussain B, Ahmad T, Nair RN, Sharma HC (2019) Plant Defense and Insect Adaptation with Reference to Secondary Metabolites In: Merillon J-M, Ramawat KG (eds) *Co-Evolution of Secondary Metabolites*. Switzerland: Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-3-319-76887-8_60-1
- Weber H (1931) Lebensweise und umweltbeziehung von *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Homoptera – Aleurodina). Erster beitrage zu einer monographie dieser art. *Zeitschrift für morphologie und Ökologie der tiere*. 23:575–753
- Zarate SI, Kempema LA, Walling LL (2007) Silverleaf whitefly induces salicylic acid defenses and suppresses effectual

jasmonic acid defenses. *Plant Physiol* 143:866–875. <https://doi.org/10.1104/pp.106.090035>
 Zhang PJ, Broekgaarden C, Zheng SJ, Snoeren TA et al (2013) Jasmonate and ethylene signaling mediate whitefly-induced interference with indirect plant defense in *Arabidopsis*

thaliana. *New Phytologist* 197 (4):1291–1299. <https://doi.org/10.1111/nph.12106>

Zhang P, Wei J, Zhao C, Zhang Y et al (2019) Airborne host-plant manipulation by whiteflies via an inducible blend of plant volatiles. *Proc Nat Acad Sci USA* 116 (15):7387–7396. <https://doi.org/10.1073/pnas.1818599116>

Translation of Russian References

Konarev AV (2017) Molekulyarnyye aspekty immuniteta rasteniy i ikh koevolyutsii s nasekomymi [Molecular aspects of plant immunity and their coevolution with insects] *Biosfera* 9 (1): 79–99 (In Russian) <https://doi.org/10.24855/biosfera.v9i1.325>

fungi]. *Fiziologiya rasteniy* 62 (5):611–627 (In Russian) <https://doi.org/10.7868/S0015330315050140>

Shafikova TN, Omelichkina YV (2015) Molekulyarno-geneticheskiye aspekty immuniteta rasteniy k fitopatogennym bakteriyam i gribam [Molecular genetic aspects of plant immunity to phytopathogenic bacteria and

Stepanycheva YeA, Petrova MO, Shchenikova AV, Chermenskaya TD (2007) Vliyaniye nasekomykh-fitofagov pri razlichnykh rezhimakh pitaniya na indutsirovannuyu ustoychivost' rasteniy tomata [The effect of phytophagous insects with various types of nutrition on the induced resistance of tomato plants]. *Yevroaziatskiy entomologicheskii zhurnal* 6 (1):19–24 (In Russian)

Plant Protection News, 2020, 103(4), p. 241–246

OECD+WoS: 1.06+IY (Entomology)

<https://doi.org/10.31993/2308-6459-2020-103-4-14258>

Full-text article

FEATURES OF CONSPECIFIC AND HETEROSPECIFIC INTERACTIONS OF GREENHOUSE WHITEFLY *TRIALEURODES VAPORARIORUM* AND SPIDER MITE *TETRANYCHUS URTICAE* ON CUCUMBER

O.S. Kirillova*, V.A. Razdoburdin

All-Russian Institute of Plant Protection, St. Petersburg, Russia

*corresponding author, e-mail: ol-yurchenko@yandex.ru

Plant-mediated interactions between greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* and spider mite *Tetranychus urticae* have been studied under laboratory experiments on cucumber. The seedlings have been infested using different herbivores densities, when the first true leaf was fully unfolded. The response of pests to previously damaged plants has been studied. Whitefly and spider mite plant selection in free-choice bioassay, as well as the larvae number of the whitefly daughter generation and the daily spider mite fecundity have been evaluated in the experiment. We have found, that the antixenotic and antibiotic cucumber properties in regard to the herbivorous arthropods, as a result of herbivore-induced plant defense development, depend on herbivore species and intensity of arthropod damage to plants. Damage to plants by whitefly has affected the behavior and development of conspecific individuals only. Damage to plants by spider mites has affected both whitefly and spider mite individuals. Analysis of literature on this issue and the results of our research show a specificity of plant responses to arthropod damage, that can be determined by the specific features of herbivorous species and depend on the nature and intensity of the plant damage.

Keywords: phytophagous insects, population density, behaviour, development, plant damage, herbivore response

Received: 12.03.2020

Accepted: 29.11.2020