

УДК 635. 63 : 632. 937. 12/. 938.1

**ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ АКАРИФАГОВ В СИСТЕМЕ
«РАСТЕНИЕ – ПАУТИННЫЙ КЛЕЩ *TETRANYCHUS URTICAE*
KOCH (ACARINA, TETRANYCHIDAE) – ФИТОСЕЙУЛОС
PHYTOSEIULUS PERSIMILIS ATH.-H. (PARASITIFORMES,
PHYTOSEIIDAE) + ГАЛЛИЦА *FELTIELLA LUBOVIAE* FEDOTOVA
ET KOZLOVA (DIPTERA, SECIDOMYIIDAE)» НА РАЗЛИЧНЫХ
СОРТООБРАЗЦАХ ОГУРЦА**

© 2019 г. В. А. Раздобурдин,* Е. Г. Козлова**

Всероссийский НИИ защиты растений
шоссе Подбельского, 3, С.-Петербург–Пушкин, 196608 Россия
*e-mail: vrazdoburdin@mail.ru, **e-mail: kategen_vizr@mail.ru

Поступила в редакцию 16.03.2018 г.

После доработки 14.09.2018 г.

Принята к печати 14.09.2018 г.

На различающихся по устойчивости к паутинному клещу сортаобразцах огурца Гинга F1 и Муромский 36 исследовались межвидовые взаимоотношения хищников в системе триотрофа «растение – *Tetranychus urticae* Koch – *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot + хищная галлица *Feltiella luboviae* Fedotova et Kozlova» для определения роли генотипических свойств растений в межвидовых взаимодействиях акарифагов. На растениях в теплице оценивалась эффективность хищников в снижении численности вредителя в 3 вариантах опыта: «фитофаг + фитосейулюс», «фитофаг + галлица», «фитофаг + фитосейулюс + галлица». В 2 последних вариантах имаго галлицы при откладке яиц имели возможность выбора как растений того или иного сортаобразца, так и растений, заселенных и не заселенных фитосейулюсом. Показано, что сортовые особенности огурца определяют поведение и численность популяций фитофага и акарифагов, влияют на межвидовые взаимоотношения хищников. Установлено, что присутствие на растениях фитосейулюса снижает их привлекательность для имаго галлицы при откладке яиц. Влияние сортовых особенностей огурца на межвидовые взаимодействия акарифагов проявляется в более высокой эффективности комплекса видов хищников в снижении численности вредителя на устойчивом к фитофагу сортаобразце в сравнении с неустойчивым.

Ключевые слова: паутинный клещ, устойчивость огурца к фитофагу, галлица-акарифаг, фитосейулюс, межвидовые взаимоотношения в системе триотрофа.

DOI: 10.1134/S0367144519040038

Задачи управления фитосанитарным состоянием агроэкосистем наиболее полно могут быть решены использованием устойчивых к биотическим и абиотическим воздействиям сортов сельскохозяйственных культур (Павлюшин и др., 2013). Иммунитет растений, как эдификаторов и продуцентов агроэкосистем, определяет потоки вещества

и энергии по цепям питания; специфику коммуникационных взаимосвязей компонентов сообществ и формирования «сигнального поля» агробиоценозов; пространственно-временную структуру консорций и особенности их функционирования в экосистемах (Воронин и др., 1999).

Для целенаправленного влияния на биоценотическую среду, позволяющего управлять ценотическими отношениями в агроэкосистемах, необходимы знания о функционировании триотрофа «растение – консументы первого порядка – консументы второго порядка (энтомофаги)». При построении систем управления функционированием агробиоценозов консорциям такого типа должно уделяться особое внимание (Павлюшин и др., 2016).

Тепличные агроценозы представляют собой особую категорию агроэкосистем, для них характерны короткие трофические цепи – «растение–фитофаг». В связи с этим использование энтомофагов и акарифагов в защите растений от вредителей в теплицах имеет большое значение, а видовой состав консументов второго порядка полностью определяется человеком. Одной из основных сельскохозяйственных культур в защищенном грунте является огурец. Паутиновый клещ – наиболее распространенный вредитель этой культуры в теплицах. Для биологической защиты растений в теплицах в России используются хищные фитосейидные (Phytoseiidae) клещи, преимущественно фитосейулюс, хищные клопы, а за рубежом – и клещеядные галлицы, в основном *Feltiella acarisuga* (Vallot). В Лаборатории биологической защиты растений Всероссийского НИИ защиты растений (ВИЗР) проводится разведение и изучение галлицы *Feltiella luboviae*, которая была собрана в природных стациях в окрестностях Санкт-Петербурга. С использованием данного вида хищника нами изучались взаимоотношения в системе триотрофа «огурец – паутиновый клещ – галлица *Feltiella luboviae*» на различных по устойчивости сортообразцах огурца. Показано, что использование акарифага для снижения численности вредителя было более эффективным на устойчивых сортах огурца (Раздобурдин, Козлова, 2016).

Фирма Koppert – крупнейший мировой производитель энтомофагов – рекомендует с целью более эффективного снижения численности паутинового клеща в теплицах применять галлицу *Feltiella acarisuga* совместно с фитосейулюсом. Эти акарифаги имеют сходную пищевую специализацию – питаются только паутиновыми клещами. Результаты экспериментов Е. Г. Козловой, проведенных на заселенных паутиновым клещом растениях бобов (сорт Русские черные), показано, что в присутствии фитосейулюса численность личинок дочернего поколения галлицы *Feltiella luboviae* на растениях была достоверно (в 2.5–10 раз) ниже по сравнению с растениями без хищного клеща (Козлова, 2018).

Изучение межвидовых взаимодействий хищников, разделяющих один пищевой ресурс, представляет как теоретический, так и практический интерес. В связи с этим в 2017 г. нами были проведены исследования межвидовых взаимоотношений в системе триотрофа «огурец – паутиновый клещ – фитосейулюс + хищная галлица *Feltiella luboviae*». Цель исследований – определение роли генотипических свойств растений в межвидовых взаимоотношениях акарифагов.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Исследования проводились в теплице ВИЗР на вегетирующих растениях двух сортообразцов огурца: Гинга F1 и Муромский 36. В отличие от пчелоопыляемого сорта Муромский 36, партено-

карпический гибрид Гинга не способен к образованию кукурбитацинов – веществ вторичного обмена из группы тетрациклических тритерпеноидов, что детерминировано генетически. Изучаемые сортообразцы по площади однолетних листьев визуально не различались. Ранее было показано, что Муромский 36 – сорт, более устойчивый к паутинному клещу по сравнению с гибридом Гинга (Раздобурдин, Козлова, 2016). В теплице растения выращивали в вегетационных сосудах, содержащих 5 л почвы. Температура воздуха в теплице в период эксперимента составляла 19–22 °С и была более благоприятной для галлицы, чем для паутинного клеща и фитосейулюса. Уход за растениями во время опыта проводили в соответствии с технологией выращивания огурца в теплицах. Боковые побеги растений не прищипывали. Сортообразцы огурца различались по архитектонике растений: на даты учета численности членистоногих количество листьев на растениях сорта Муромский 36 было на 17–26 % меньше, чем на растениях гибрида Гинга.

Галлица, фитосейулюс и паутинный клещ были получены из Лаборатории биологической защиты растений ВИЗР, где они разводились на растениях бобов (сорт Русские черные).

Показателями влияния сортовых свойств огурца на развитие консументов 1-го и 2-го порядков, а также на взаимодействие фитосейулюса и галлицы служили численность фитофага и акарифагов на растениях и биологическая эффективность хищников в снижении численности вредителя. Эксперимент проводили в 4 вариантах, в каждом из которых изучаемые сортообразцы были представлены 5 растениями. Во всех вариантах исходное количество паутинного клеща было одинаковым: в фазе 1-го настоящего листа на листовую пластинку растений кисточкой помещали по 50 взрослых самок вредителя. В 1-м варианте растения с фитофагом изолировали нетканым укрывным материалом – спанбондом (контроль). Во 2-м варианте растения с паутинным клещом были в дальнейшем заселены фитосейулюсом (по 2 самки хищника на растение) и также изолированы спанбондом. 3-й и 4-й варианты опыта были организованы так же, как первые два, но растения спанбондом не изолировались и на них выпускали галлицу из расчета 1 особь на растение. Имаго галлицы при откладке яиц имели возможность выбора как растений того или иного сортообразца, так и растений, заселенных и не заселенных фитосейулюсом. Заселение растений паутинным клещом было проведено 6 июля, выпуск обоих акарифагов – 12 июля 2017 г.

Через 16 дней после заселения растений паутинным клещом произведен учет численности акарифагов, а через 24 и 32 дня – учеты численности как вредителя, так и акарифагов. При учетах на каждом листе растений подсчитывали число взрослых самок вредителя, имаго и нимф фитосейулюса, личинок и куколок в коконах галлицы. Определяли также степень повреждения листьев вредителем по 5-балльной шкале: 0 баллов – повреждений листа нет; 1 балл – повреждено до 25 % поверхности листа; 2 балла – до 50 %; 3 балла – до 75 %; 4 балла – более 75 % поверхности листа, но листовая пластинка еще зеленая; 5 баллов – повреждено 100 % листа, листовая пластинка пожелтела.

Биологическую эффективность акарифагов в снижении численности дочернего поколения паутинного клеща на сортообразцах огурца рассчитывали по формуле Аббота, отражающей изменение численности вредителя только относительно контроля:

$$\mathcal{E} = 100 - B / A \times 100,$$

где \mathcal{E} – биологическая эффективность в процентах, B – численность вредителя в опыте, A – численность вредителя в контроле. По этой же формуле определяли биологическую эффективность сорта Муромский 36 в снижении численности фитофага по сравнению с гибридом Гинга.

Статистическую обработку полученных данных проводили по общепринятым методикам с использованием компьютерной программы Statistica 6.0.

В системе триотрофа показатели состояния подсистемы «огурец–фитофаг» в вариантах опыта – это количество особей вредителя и поврежденность растений. Во всех вариантах эксперимента при одинаковом начальном количестве вредителя на растениях численность дочерних особей паутиного клеща на сорте Муромский 36 была ниже, чем на гибриде Гинга. Степень повреждения растений фитофагом на устойчивом сорте также заметно ниже. На растениях 7 августа паутиный клещ был представлен преимущественно дочерними особями, а акарифаги – внучатыми особями, поскольку продолжительность их развития (особенно у фитосейулюса) меньше, чем у вредителя. В период с 25 июля по 7 августа наблюдался интенсивный рост растений. Следствием увеличения количества листьев и расселения паутиного клеща было, в частности, существенное снижение плотности вредителя на растениях (табл. 1).

Динамика численности акарифагов в период эксперимента показана в табл. 2. Через 16 дней после заселения растений вредителем (22.07.2017) был проведен учет количества дочерних особей хищников (имаго и нимф фитосейулюса, личинок и куколок галлицы). Показано, что численность фитосейулюса во всех вариантах: «фитофаг + фитосейулюс» и «фитофаг + фитосейулюс + галлица» на двух сортообразцах не имела достоверных различий. Такая же картина наблюдалась в отношении личинок галлицы во всех вариантах: «фитофаг + галлица» и «фитофаг + фитосейулюс + галлица» на двух сортообразцах. Однако количество куколок хищника на обоих сортообразцах в варианте «фитофаг + галлица» было достоверно больше в сравнении с вариантом «фитофаг + фитосейулюс + галлица» (на гибриде Гинга – в 10 раз, на Муромском 36 – в 3 раза). При этом численность куколок в каждом из указанных вариантов между устойчивым и неустойчивым сортообразцами статистически не различалась (табл. 2). Следует отметить, что в данном учете куколки – это особи, сформировавшиеся из личинок, которые развились из яиц, отложенных исходными самками галлицы в первые дни после их выпуска, когда различия в численности и плотности фитофага на растениях и поврежденность растений вредителем были минимальными. Полученные данные показывают, что на обоих сортообразцах огурца имаго галлицы предпочитали откладывать яйца на растения, свободные от фитосейулюса. На неустойчивом к фитофагу гибриде Гинга эта особенность более заметна в сравнении с устойчивым сортом Муромский 36.

Очевидно, что через 32 дня после заселения растений вредителем (7.08.2017) количество особей обоих видов хищников на сортообразцах определялось преимущественно численностью паутиного клеща, зависящей от сортовых свойств огурца. Численность хищников, как и паутиного клеща, на Муромском 36 была ниже в сравнении с гибридом Гинга. Так, количество особей хищного клеща на растениях в вариантах «фитофаг + фитосейулюс» и «фитофаг + фитосейулюс + галлица» на устойчивом сорте было соответственно в 2.8 и в 3.4 раза, а численность галлицы в вариантах «фитофаг + галлица» и «фитофаг + фитосейулюс + галлица» – в 6.9 и 10.4 раза ниже, чем на неустойчивом гибриде.

Влияние галлицы на численность фитосейулюса на изучаемых сортообразцах оценивали с помощью дисперсионного анализа данных из 2 вариантов опыта: «фитофаг + фитосейулюс» (как контроль) и «фитофаг + фитосейулюс + галлица». Соответственно, при оценке воздействия фитосейулюса на численность галлицы использованы данные вариантов «фитофаг + галлица» (контроль) и «фитофаг + фитосейулюс + галлица». Показано, что достоверное влияние сортовых свойств огурца на численность обоих

Таблица 1. Влияние акарифагов, фитосейдулоса и галлицы *Feltiella iboviae* Fedotova et Kozlova, на численность паутинного клеща *Tetranychus urticae* Koch на различных сортаобразцах огурца

Показатели	Гинга F1	Муромский 36	Гинга F1	Муромский 36
	30.07.2017		7.08.2017	
Контроль: паутинный клещ				
Число особей <i>T. urticae</i> на 1 растении	628,8 ± 85,1	307,8 ± 62,5	641,2 ± 114,6	345,4 ± 43,9
Среднее число особей <i>T. urticae</i> на 1 листе	30,9 ± 3,7	20,7 ± 4	16 ± 2,5	10,8 ± 1,5
Доля листьев, заселенных <i>T. urticae</i> , %	85,1 ± 1,5	76,7 ± 5	90,1 ± 3	84,4 ± 3,8
Число особей <i>T. urticae</i> на 1 заселенном листе	36 ± 3,8	26,3 ± 4,1	17,5 ± 2,4	12,6 ± 1,2
Поврежденность растений <i>T. urticae</i> , балл	1,9 ± 0,3	1,2 ± 0,2	2,3 ± 0,2	1,3 ± 0,2
Вариант: паутинный клещ + фитосейдулос				
Число особей <i>T. urticae</i> на 1 растении	525,4 ± 22,1	156,6 ± 23,1	416,4 ± 61,1	217,4 ± 48
Среднее число особей <i>T. urticae</i> на 1 листе	28,7 ± 1,4	11,7 ± 1,9	10,7 ± 1,2	7,1 ± 1,4
Доля листьев, заселенных <i>T. urticae</i> , %	91,4 ± 1,2	91,3 ± 2,6	84,8 ± 2	81,9 ± 5
Число особей <i>T. urticae</i> на 1 заселенном листе	31,5 ± 1,8	12,7 ± 2	12,6 ± 1,2	8,4 ± 1,4
Поврежденность растений <i>T. urticae</i> , балл	2,2 ± 0,1	1 ± 0,2	2,2 ± 0,1	1,2 ± 0,1
Число особей <i>Phytoseiulus persimilis</i> Athias-Henriot, приходящиеся на 1 жертву	0,0233 ± 0,0069	0,0748 ± 0,0344	0,268 ± 0,059	0,2 ± 0,064
Соотношение «хищник : жертва»	1 : 42,9	1 : 13,4	1 : 3,7	1 : 5

Вариант: паутинный клещ + галлица

Число особей <i>T. urticae</i> на 1 растении	316.2 ± 87.8	125 ± 34.4	180 ± 29.8	100.2 ± 25.3
Среднее число особей <i>T. urticae</i> на 1 листе	16.5 ± 4.6	9 ± 2.2	4.6 ± 0.8	3.3 ± 0.8
Доля листьев, заселенных <i>T. urticae</i> , %	76 ± 5.4	78.3 ± 6.8	70.2 ± 4.2	67.6 ± 4.5
Число особей <i>T. urticae</i> на 1 заселенном листе	20.5 ± 4.8	10.9 ± 2.1	6.5 ± 1	4.7 ± 0.9
Поврежденность растений <i>T. urticae</i> , балл	1.6 ± 0.3	1 ± 0.2	1.9 ± 0.4	1 ± 0.2
Число особей <i>F. luboviae</i> , приходящиеся на 1 жертву	0.0169 ± 0.0114	0.0558 ± 0.0487	0.64 ± 0.18	0.22 ± 0.11
Соотношение «хищник : жертва»	1 : 59.2	1 : 17.9	1 : 1.6	1 : 4.5

Вариант: паутинный клещ + фитосейулюс + галлица

Число особей <i>T. urticae</i> на 1 растении	501.8 ± 121.8	57.6 ± 17.7	334.2 ± 92.4	68 ± 21
Среднее число особей <i>T. urticae</i> на 1 листе	25.5 ± 6.2	3.7 ± 1.1	8 ± 1.9	1.9 ± 0.6
Доля листьев, заселенных <i>T. urticae</i> , %	80.5 ± 8.4	68 ± 4.7	7 6.8 ± 5.2	59.5 ± 7
Число особей <i>T. urticae</i> на 1 заселенном листе	28.9 ± 6.9	5.2 ± 1.3	10 ± 2.3	3 ± 0.7
Поврежденность растений <i>T. urticae</i> , балл	1.8 ± 0.4	0.6 ± 0.1	2.3 ± 0.4	0.5 ± 0.1
Число особей <i>Ph. persimilis</i> , приходящиеся на 1 жертву	0.0177 ± 0.007	0.2039 ± 0.06	0.211 ± 0.052	0.517 ± 0.242
<i>Ph. persimilis</i> : соотношение «хищник : жертва»	1 : 56.6	1 : 4.9	1 : 4.7	1 : 1.9
Число особей <i>F. luboviae</i> , приходящиеся на 1 жертву	0.0245 ± 0.0233	0.0243 ± 0.0205	0.243 ± 0.08	0.152 ± 0.067
<i>F. luboviae</i> : соотношение «хищник : жертва»	1 : 40.8	1 : 41.2	1 : 4.1	1 : 6.6

Таблица 2. Численность фитосейулюса и хищной галлицы на сортообразцах огурца Гинга F1 и Муромский 36

Сортообразец	Дата учета (2017 г.)	Число особей фитосейулюса на 1 растении	Число особей галлицы на 1 растении		
			Личинок	Куколок	Личинок + куколок
Вариант: паутинный клещ + фитосейулюс					
Гинга F1	22 июля	4 ± 0.5	–	–	–
	30 июля	12 ± 3.4	–	–	–
	7 августа	108 ± 20.4	–	–	–
Муромский 36	22 июля	4.4 ± 1.7	–	–	–
	30 июля	10.8 ± 5.1	–	–	–
	7 августа	38.2 ± 10.2	–	–	–
Вариант: паутинный клещ + галлица					
Гинга F1	22 июля	–	2.8 ± 1.8	4.2 ± 1.1	7 ± 1.4
	30 июля	–	0.8 ± 0.4	3.6 ± 2.2	4.4 ± 2.3
	7 августа	–	54.6 ± 16.5	74.4 ± 26.3	129 ± 42.5
Муромский 36	22 июля	–	1.6 ± 1.6	2.4 ± 0.9	4 ± 1.2
	30 июля	–	0	1.8 ± 0.9	1.8 ± 0.9
	7 августа	–	8.6 ± 4	10.2 ± 3.7	18.8 ± 6.8
Вариант: паутинный клещ + фитосейулюс + галлица					
Гинга F1	22 июля	2.8 ± 1	1 ± 0.8	0.4 ± 0.2	1.4 ± 0.9
	30 июля	10.8 ± 4.2	0	1 ± 0.3	1 ± 0.3
	7 августа	55.6 ± 14.2	34.2 ± 9	53 ± 15.5	87.2 ± 24.2
Муромский 36	22 июля	5 ± 1.3	0.6 ± 0.4	0.8 ± 0.2	1.4 ± 0.5
	30 июля	10.8 ± 4.2	0	0.8 ± 0.5	0.8 ± 0.5
	7 августа	16.2 ± 1.8	5.8 ± 3.9	2.6 ± 2.1	8.4 ± 6

хищников, а также присутствия на растениях галлицы – на численность фитосейулюса очевидно только для последней даты учета (7.08.2017). При этом воздействие хищного клеща на численность галлицы выявлено в первых двух учетах (на 22 и 30 июля). Влияние сортовых особенностей растений и присутствия на них второго вида акарифага на значения показателя «хищник : жертва» было достоверным в отношении фитосейулюса 30 июля, а в отношении галлицы – 7 августа (табл. 3, 4). Следует отметить, что 30 июля преимагинальные особи галлицы на растениях были представлены преимущественно яйцами, учет которых не проводился.

Биологическая эффективность фитосейулюса в снижении численности вредителя на огурце по состоянию систем на дату последнего учета оказалась низкой и практически одинаковой на обоих изучаемых сортообразцах (35–37 %). В сравнении с фитосейулюсом эффективность галлицы была в 2 раза выше, но также одинаковой на обоих сортообразцах огурца (71–72 %). При этом биологическая эффективность комплекса данных акарифагов на гибриде Гинга (48 %) несколько выше, чем в варианте «фито-

Таблица 3. Воздействие сортовых особенностей огурца и хищной галлицы *Feltiella luboviae* Fedotova et Kozlova на численность паутинного клеща *Tetranychus urticae* Koch и фитосейюлоса *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (результаты 2-факторного дисперсионного анализа)

Показатель	Значения критерия Фишера (F)		
	Сортовые свойства растений	Присутствие на растениях галлицы	Совместное влияние факторов
	22.07.2017		
Число особей <i>Ph. persimilis</i> на 1 растении	1.17	0.06	0.56
	30.07.2017		
Число особей <i>T. urticae</i> на 1 растении	40.88***	0.93	0.35
Среднее число особей <i>T. urticae</i> на 1 листе	32.91***	2.77	0.5
Доля листьев, заселенных <i>T. urticae</i> , %	1.56	11.59***	1.55
Число особей <i>T. urticae</i> на 1 заселенном листе	31.95***	1.82	0.44
Поврежденность растений <i>T. urticae</i> , балл	28.49***	3.72*	0.02
Число особей <i>Ph. persimilis</i> на 1 растении	0.02	0.02	0.02
Число особей <i>Ph. persimilis</i> на 1 жертву	11.57***	3.12*	3.72*
	7.08.2017		
Число особей <i>T. urticae</i> на 1 растении	14.42***	3.57*	0.3
Среднее число особей <i>T. urticae</i> на 1 листе	13***	8.54***	0.77
Доля листьев, заселенных <i>T. urticae</i> , %	3.87*	8.85***	1.96
Число особей <i>T. urticae</i> на 1 заселенном листе	14.14***	7.23**	0.92
Поврежденность растений <i>T. urticae</i> , балл	37.33***	1.95	2.2
Число особей <i>Ph. persimilis</i> на 1 растении	16.47***	7.65**	1.28
Число особей <i>Ph. persimilis</i> на 1 жертву	0.82	0.98	2.04

Примечание. * – $p \leq 0.1$, ** – $p \leq 0.05$, *** – $p \leq 0.01$.

фаг + фитосейюлос», но ниже в сравнении с вариантом «фитофаг + галлица». На фоне всех остальных вариантов эксперимента результативность комплекса видов хищников на устойчивом сорте Муромский 36 оказалась максимальной (80 %) (табл. 5).

Биологическая эффективность устойчивого сорта в снижении численности паутинного клеща в 3 вариантах опыта («фитофаг» – контроль, «фитофаг + фитосейюлос», «фитофаг + галлица») была примерно одинаковой (44–48 %) и заметно более высокой (80 %) в варианте с 2 видами акарифагов (табл. 6).

В эксперименте численность паутинного клеща в вариантах с акарифагами в последние дни учета не может быть объяснена просто количеством хищников на растениях в это время, поскольку их пищедобывательная и репродуктивная активность может изменяться под влиянием различных факторов. Известно, что плотность жертвы влияет на прожорливость и плодовитость фитосейюлоса; высокая плотность паутинного клеща снижает у него оба эти показателя (Прушинский, 1979). На прожорливость фитосейюлоса влияют также абиотические факторы. При низких температурах (до

Таблица 4. Воздействие сортовых особенностей огурца и фитосейулюса на численность паутинного клеща *Tetranychus urticae* Koch и галлицы *Feltiella luboviae* Fedotova et Kozlova (результаты 2-факторного дисперсионного анализа)

Показатель	Значения критерия Фишера (F)		
	Сортовые свойства растений	Присутствие на растениях фитосейулюса	Совместное влияние факторов
	22.07.2017		
Число личинок и куколок галлицы на 1 растении	1.95	14.55***	1.95
	30.07.2017		
Число особей <i>T. urticae</i> на 1 растении	16.79***	0.58	2.66
Среднее число особей <i>T. urticae</i> на 1 листе	12.98***	0.2	3.11*
Доля листьев, заселенных <i>T. urticae</i> , %	0.63	0.21	1.29
Число особей <i>T. urticae</i> на 1 заселенном листе	14.4***	0.1	2.58
Поврежденность растений <i>T. urticae</i> , балл	12.49***	0.3	1.58
Число личинок и куколок <i>F. luboviae</i> на 1 растении	1.24	3.05*	0.91
Число особей <i>F. luboviae</i> на 1 жертву	0.43	0.16	0.44
	7.08.2017		
Число особей <i>T. urticae</i> на 1 растении	11.4***	1.42	3.31*
Среднее число особей <i>T. urticae</i> на 1 листе	10.59***	0.8	4.41*
Доля листьев, заселенных <i>T. urticae</i> , %	3.44*	0.02	1.89
Число <i>T. urticae</i> на 1 заселенном листе	10.37***	0.42	3.82*
Поврежденность растений <i>T. urticae</i> , балл	19.86***	0.05	1.66
Число личинок и куколок <i>F. luboviae</i> на 1 растении	14.45***	1.1	0.4
Число особей <i>F. luboviae</i> на 1 жертву	4.65**	3.86*	1.92

Примечание. * – $p \leq 0.1$, ** – $p \leq 0.05$, *** – $p \leq 0.01$.

15 °С) и высокой относительной влажности воздуха (около 95 %) потребление хищником жертвы существенно снижается. В сравнении с фитосейулюсом прожорливость личинок галлицы значительно выше и меньше зависит от абиотических условий, в частности от температуры (Gillespie et al., 2000). Кроме того, самки галлицы, в отличие от фитосейулюса, предпочитают откладывать яйца в колонии паутинного клеща с высокой плотностью (Basalyga, 1997; цит. по: Sawyer, 1998).

Таблица 5. Биологическая эффективность акарифагов в снижении численности паутинного клеща на сортообразцах огурца Гинга F1 и Муромский 36

Вид акарифага	Сортообразец огурца	Биологическая эффективность, %
Фитосейулюс	Гинга F1	35.1
	Муромский 36	37.1
Галлица	Гинга F1	71.9
	Муромский 36	71.0
Фитосейулюс + галлица	Гинга F1	47.9
	Муромский 36	80.3

Таблица 6. Биологическая эффективность устойчивого сорта Муромский 36 в снижении численности паутинного клеща в сравнении с гибридом Гинга

Вариант	Биологическая эффективность, %
Контроль (фитофаг)	46.1
Фитофаг + фитосейулюс	47.8
Фитофаг + галлица	44.3
Фитофаг + фитосейулюс + галлица	79.7

В начальный период функционирования консорциев на обоих сортообразцах огурца во всех вариантах эксперимента на растениях с 2–5 листьями плотность популяций фитофага была достаточно высокой, в возрастном составе его популяций преобладали яйца и личинки. Сложившиеся условия могли способствовать максимальной реализации потенциальной прожорливости хищников, и питание даже небольшого количества акарифагов на растениях в дальнейшем могло привести к существенному снижению численности имаго дочернего поколения паутинного клеща. Это косвенно подтверждается результатом моделирования ситуации с использованием данных из литературы о прожорливости хищников: 1 особь фитосейулюса способна уничтожить за сутки до 30 яиц вредителя (Чалков, 1986); 1 личинка галлицы *Feltiella acarisuga* – до 80 яиц (Orit et al., 1997). Умножением показателей потенциальной прожорливости акарифагов на фактическое число их особей, зафиксированное на растениях на дату 1-го их учета (см. табл. 2), по каждому варианту опыта определяли общее количество яиц, предположительно съедаемых хищниками за 1 сутки. При этом в отношении галлицы использовались только показатели численности куколок. Полученные таким образом значения потенциальной суточной прожорливости хищников сопоставляли с конечной численностью паутинного клеща в вариантах (в процентах от контроля) (табл. 7).

Таблица 7. Гипотетическая прожорливость акарифагов в начальный период функционирования систем триотрофа и фактическая численность паутинного клеща в разных вариантах опыта в сравнении с контролем

Сортообразец огурца	Вариант опыта	Число яиц вредителя, гипотетически съеданное за 1 сутки хищниками при их численности на 22.07.2017 (X)	Число самок вредителя на растении 7.08.2017 в сравнении с контролем, %, (Y)
Гинга F1	Фитофаг + фитосейулюс	120	65
	Фитофаг + галлица	336	28
	Фитофаг + фитосейулюс + галлица	84 + 32 = 116	52
Муромский 36	Фитофаг + фитосейулюс	132	63
	Фитофаг + галлица	192	29
	Фитофаг + фитосейулюс + галлица	150 + 64 = 214	20

Коэффициент линейной корреляции показателей гипотетической прожорливости акарифагов в опыте и фактической численности вредителя относительно контроля составляет -0.75 , $p = 0.089$. Регрессия нелинейная, описывается уравнением:

$$y = 160.684 - 1.076x + 0.002x^2 \pm 8.8$$

Коэффициент криволинейной корреляции -0.94 , $p = 0.006$. По-видимому, влияние акарифагов на итоговую в опыте численность вредителя было наибольшим в начальный период функционирования консорциев – в результате деятельности исходных и дочерних особей фитосейулюса и дочерних особей галлицы.

Предполагается, что в варианте «фитофаг + фитосейулюс + галлица» на устойчивом сорте Муромский 36 деятельность галлицы, снижающая плотность вредителя, способствовала повышению прожорливости хищного клеща. Напротив, на неустойчивом гибриде Гинга плотность жертвы, несмотря на деятельность галлицы, оказалась выше оптимальной для реализации хищнической активности фитосейулюса. По-видимому, по этим причинам биологическая эффективность комплекса видов акарифагов на сорте Муромский 36 оказалась выше, чем на гибриде Гинга.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследования показали, что основой формирования и функционирования консорциального сообщества триотрофа «огурец – паутиновый клещ – фитосейулюс + хищная галлица *Feltiella luboviae*» являются сортовые свойства растений и экологические особенности консументов. Генотипические особенности сортообразцов огурца определяют поведение и численность популяций фитофага и акарифагов, а также влияют на межвидовые взаимоотношения хищников. Установлено, что присутствие на растениях фитосейулюса снижает их привлекательность для имаго галлицы при откладке яиц. В связи с этим можно предположить, что на растения неустойчивого сортообразца одновременный выпуск акарифагов целесообразен: внесение галлицы должно предшествовать выпуску фитосейулюса на несколько суток. Влияние сортовых особенностей огурца на межвидовые взаимодействия акарифагов проявляется в более высокой эффективности комплекса видов хищников в снижении численности вредителя на устойчивом к фитофагу сортообразце в сравнении с неустойчивым.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда (проект № 16-16-04079).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Воронин К. Е., Вилкова Н. А., Афанасенко О. С., Иващенко В. Г., Исси И. В., Воронина Э. Г. 1999. Интеграция иммунитета растений и биометода как биоценологическая основа стратегии совершенствования фитосанитарных технологий в агроэкосистемах. Вестник защиты растений 1: 67–73.
- Козлова Е. Г. 2018. Взаимное влияние акарифагов *Phytoseiulus persimilis* Ath.-H. (Parasitiformes, Phytoseiidae) и *Feltiella* на их репродуктивный потенциал. В кн.: Материалы международной научно-практической конференции «Современные технологии и средства защиты растений – платформа для инновационного освоения в АПК России», 8–12 октября 2018 г. Санкт-Петербург–Пушкин: ВИЗР, с. 30–32
- Павлюшин В. А., Вилкова Н. А., Сухорученко Г. И., Нефедова Л. И., Фасулати С. Р. 2013. Фитосанитарная дестабилизация агроэкосистем. СПб.: «Родные просторы», 183 с.
- Павлюшин В. А., Вилкова Н. А., Сухорученко Г. И., Нефедова Л. И. 2016. Формирование агроэкосистем и становление сообществ вредных видов биотрофов. Вестник защиты растений 2 (88): 5–15.

- Прушинский С. А. 1979. Интродукция *Phytoseiulus persimilis* А.-Н. и его применение в борьбе с паутиным клещом в Польше. В кн.: Доклады симпозиума ВПС/МОББ. Состояние интродукции и акклиматизации перспективных энтомофагов, акарифагов и фитофагов важнейших вредителей и сорняков в странах – членах ВПС/МОББ, Киев, с. 128–141.
- Раздобурдин В. А., Козлова Е. Г. 2016. Взаимодействия в системе «растение – паутиный клещ *Tetranychus urticae* Koch (Acarina, Tetranychidae) – клещеядная галлица *Feltiella* (Diptera, Cecidomyiidae)» на различных сортообразцах огурца. Энтомологическое обозрение **95** (4): 748–757.
- Чалков А. А. 1986. Биологическая борьба с вредителями овощных культур защищенного грунта. М.: Россельхозиздат, 94 с.
- Gillespie D. R., Opit G., Roitberg B. 2000. Effects of temperature and relative humidity on development, reproduction, and predation in *Feltiella acarisuga* (Vallot) (Diptera: Cecidomyiidae). Biological Control **17** (2): 132–138.
- Opit G. P., Roitberg B., Gillespie D. R. 1997. The functional response and prey preference of *Feltiella acarisuga* (Vallot) (Diptera: Cecidomyiidae) for two of its prey: male and female twospotted spider mites *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). Canadian Entomologist **129**: 221–227.
- Sawyer H. N. 1998. Larval Development of the Predatory Midge *Feltiella acarisuga* (Vallot) (Diptera: Cecidomyiidae) in Response to Limited Availability of its Prey *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). MPM Thesis. B. C.: Simon Fraser University, 72 p.

INTERACTIONS OF ACARIFAGOUS ARTHROPODS IN THE SYSTEM
“HOST PLANT – THE SPIDER MITE *TETRANYCHUS URTICAE* KOCH
(ACARINA, TETRANYCHIDAE) – THE PREDATORY MITE *PHYTOSEIULUS*
PERSIMILIS ATH.-H. (PARASITIFORMES, PHYTOSEIIDAE)
AND THE PREDATORY MIDGE *FELTIELLA LUBOVIAE* FEDOTOVA
ET KOZLOVA (DIPTERA, CECIDOMYIIDAE)”
ON CUCUMBER CULTIVARS

V. A. Razdoburdin, Ye. G. Kozlova

Key words: spider mite, resistance of a cucumber to the phytophage, predatory midge *Feltiella luboviae*, predatory mite *Phytoseiulus persimilis*, inter-species relations in the tri-troph system.

SUMMARY

Inter-species relations in the tri-troph system “plant – spider mite – the predatory mite *Phytoseiulus persimilis* + the predatory midge *F. luboviae*” were studied on cucumber cultivars with different resistance to the spider mite. It has been shown that the formation and functioning of the consortium are largely influenced by resistance properties of cucumber cultivars and bioecological features of the consorts.

The acariphages appear to suppress most effectively the pest densities at an initial stage of the consortium formation due to activities of the first acariphage generation.

On the susceptible cucumber cultivar, the efficiency of the predatory midge was lower in the presence of the predatory mite *Ph. persimilis*.

The resistant cultivar not only compensates negative influence of one predator (*Ph. persimilis*) on the oviposition behaviour of the other predator (*F. luboviae*), but also increases efficiency of combined use of the acariphages compared to their separate application.