

УДК 635. 63 : 632. 937. 12/. 938.1

**ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В СИСТЕМЕ ОГУРЕЦ – ПАУТИННЫЙ
КЛЕЩ *TETRANYCHUS URTICAE* KOCH (ACARINA,
TETRANYCHIDAE) – КЛЕЩЕЯДНАЯ ГАЛЛИЦА
FELTIELLA LUBOVIAE FEDOTOVA ET KOZLOVA
(DIPTERA, CECIDOMYIIDAE) НА ФОНЕ
ПРИМЕНЕНИЯ ЭТИЛАРАХИДОНАТА**

© 2022 г. В. А. Раздобурдин, * О. С. Кириллова, ** Е. Г. Козлова ***

Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений
шоссе Подбельского, 3, С.-Петербург–Пушкин, 196608 Россия

* e-mail: vrazdoburdin@mail.ru, ** e-mail: ol-yurchenko@yandex.ru (автор, ответственный
за переписку), ***e-mail: kategen_vizr@mail.ru

Поступила в редакцию 28.12.2021 г.

После доработки 27.05.2022 г.

Принята к публикации 27.05.2022 г.

Исследования проводили на вегетирующих растениях в теплице с использованием Иммуноцитифита – препарата на основе этиларахидоната (этилового эфира арахидоновой кислоты). Оценивали влияние препарата на численность паутинного клеща и клещеядной галлицы, на рост и развитие огурца. Существенного воздействия Иммуноцитифита на численность фитофага и хищника не выявлено. Представлены данные о роли акарифага в межвидовых взаимоотношениях в системе триотрофа «огурец – паутинный клещ – клещеядная галлица», влияющих на результативность действия препарата, способного регулировать рост и развитие растений. Показано, что галлица *Feltiella luboviae* независимо от применения препарата эффективно снижала численность паутинного клеща и тем самым – поврежденность огурца вредителем, от которой зависело влияние Иммуноцитифита на образование и рост боковых побегов растений. В эксперименте действие препарата, стимулирующее морфогенез огурца, проявлялось при поврежденности вредителем листьев, не превышающей 25 % их поверхности, что обеспечивалось жизнедеятельностью хищника.

Ключевые слова: поведение акарифага, поврежденность растений вредителем, органогенез растений, Иммуноцитифит.

DOI: 10.31857/S0367144522030042, EDN: HOAPUV

Использование адаптационных возможностей растений – важное направление в защите сельскохозяйственных культур от вредных организмов. Технология выращивания сельскохозяйственных растений в настоящее время включает применение препаратов, которые, проявляя рострегулирующую активность, одновременно могут

выступать как активные антистрессоры (иммуномодуляторы) в отношении неблагоприятных воздействий абиотических и биотических факторов внешней среды, в том числе различных заболеваний. В связи с увеличением масштабов применения иммуномодулирующих препаратов актуальны исследования по оценке их влияния на комплексы вредных и полезных членистоногих в агробиоценозах, а также на консортные взаимоотношения в трофических системах.

Действующим веществом иммуномодуляторов могут выступать различные органические соединения и их комплексы: аминокислоты, олигосахариды, полиамины, фенолы, карбоновые кислоты и эфиры высших жирных кислот, в частности арахидоновой, которая активно изучается в иммунологии растений. Это гормоноподобное вещество, отсутствующее в растениях, но способное действовать на растительные ткани как сильный внешний раздражитель и, как элиситор, влиять на экспрессию генов, ответственных за активацию генов защиты, а также за дифференцировку, рост и развитие растений (Озерецковская и др., 2009). Известно, что арахидоновая кислота активирует в растениях каскад реакций, связанных с синтезом жасмоновой кислоты, которая в свою очередь индуцирует биохимические защитные механизмы, запускаемые при повреждении членистоногими с грызущим ротовым аппаратом и вредителями с колюще-сосущим ротовым аппаратом (трипсы, клещи), которые питаются содержимым клеток мезофилла листьев (Тютюрев, 2014).

Эффективность арахидоновой кислоты и препаратов на основе ее производных в повышении устойчивости растений к вредным организмам особенно активно изучается в области фитопатологии. Содержащий этиларахидонат Иммуноцитифит, как первый зарегистрированный в России препарат сигнальной природы действия, испытан на основных сельскохозяйственных культурах в широком спектре агроэкологических условий и фитосанитарных ситуаций (Кульнев, Соколова, 1997). Показана способность этого препарата индуцировать устойчивость растений к различным болезням и абиотическим стрессорам, активизировать их рост и развитие (Коробейникова, Мерзлякова, 2019).

Работы по изучению влияния на членистоногих-фитофагов арахидоновой кислоты и препаратов на ее основе немногочисленны. В частности, показано, что Иммуноцитифит может влиять на поведение оранжерейной белокрылки (*Trialeurodes vaporariorum* Westw.) при выборе кормового растения и на развитие вредителя, но не оказывать воздействия на паутиного клеща (Кириллова, 2015). При обработке этим препаратом семядольных листьев огурца образующиеся в дальнейшем настоящие листья были менее привлекательны для имаго западного цветочного трипса (*Frankliniella occidentalis* Perg.), при этом численность его дочернего поколения на обработанных растениях была ниже, чем в контроле (Кириллова, 2016).

Способность препаратов-иммуномодуляторов повышать устойчивость растений к фитофагам, равно как и воздействовать на консортные взаимоотношения в агроэкосистемах, изучена недостаточно. В данном исследовании изучали влияние препарата Иммуноцитифит, содержащего этиларахидонат (производное арахидоновой кислоты) на консортные взаимодействия в системе триотрофа огурец – паутиный клещ *Tetranychus urticae* Koch – клещеядная галлица *Feltiella luboviae* Fedotova et Kozlova. Данный вид галлицы недавно обнаружен в окрестностях С.-Петербурга в колониях

T. urticae. По морфометрическим, биологическим и молекулярно-генетическим признакам *F. luboviae* несколько отличается от близкого космополитного вида *F. acarisuga* Vallot, широко используемого в биологической защите различных культур от паутинного клеща в теплицах (Козлова, 2019; Федотова, Козлова, 2019). В связи с этим наше исследование направлено также на изучение экологических особенностей *F. luboviae* как агента борьбы с паутинным клещом.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Исследования проводили в теплице на вегетирующих растениях партенокарпического гибрида огурца Гинга. Растения выращивали в теплице в вегетационных сосудах с объемом грунта 6 л. В опыте оценивали раздельное и совместное влияние препарата и акарифага на паутинного клеща и развитие растений. Эксперимент включал 4 варианта: без препарата и без галлицы, без препарата с галлицей, с препаратом без галлицы, с препаратом и галлицей. Число растений в каждом варианте – 10. Варианты с галлицей и без галлицы размещали на разных стеллажах, каждый из которых изолировали нетканым укрывным материалом (спанбондом). На стеллажах обработанные и не обработанные препаратом растения размещали рандомизированно.

Действующим веществом Иммуноцитофита выступает этиловый эфир арахидоновой кислоты (0.167 г/кг). Обработка огурца иммуномодулятором проводилась в соответствии с рекомендациями производителя препарата (ЗАО «Агропромышленная компания ГИНКГО») и включала предпосевное замачивание семян и опрыскивание вегетирующих растений. В вариантах без препарата семена замачивали в воде. Опрыскивание растений раствором препарата (в контроле – водой) проводили в фазе двух настоящих листьев. Во всех вариантах после высыхания растений на второй настоящий лист кисточкой помещали по 20 самок паутинного клеща. Через двое суток в вариантах «с акарифагом» выпускали имаго галлицы из расчета 2 самки на растение. Хищник был получен из лаборатории биологической защиты растений ВИЗР. Самки галлицы имели возможность свободного выбора растений, обработанных и не обработанных Иммуноцитофитом.

Первый учет численности акарифага и молодых самок паутинного клеща (дочернего поколения), а также степени повреждения растений вредителем проводили через 16 суток после их заселения фитофагом. Второй учет проводили через 11 суток после первого, когда молодые самки клеща на растениях были представлены дочерними и внучатыми особями.

Через 16 (1-й учет), 27 (2-й учет) и 43 дня (3-й учет) после заселения огурца паутинным клещом проводили морфометрическую оценку растений. При проведении 1-го учета подсчитывали количество листьев на главном побеге (боковые побеги еще не сформировались); во 2-м учете определяли количество листьев на главном побеге, количество боковых побегов и количество листьев на этих побегах; в 3-м учете оценивали те же признаки, что и при 2-м, а также длину главного побега. Численность паутинного клеща на растении определяли по количеству взрослых самок вредителя, галлицы – по количеству личинок и куколок в коконах. Степень повреждения растений фитофагом оценивали по 5-балльной шкале: 0 баллов – повреждений листа нет; 1, 2 и 3 балла – повреждено соответственно до 25, 50 и до 75 % поверхности листа; 4 балла – повреждено более 75 % поверхности листа, но листовая пластинка еще зеленая; 5 баллов – повреждено более 75 % листа, листовая пластинка пожелтела. Биологическую эффективность галлицы в снижении численности паутинного клеща определяли по формуле Аббота: $\mathcal{E} = 100 - B/A \times 100$, где \mathcal{E} – биологическая эффективность в %, B – численность вредителя в опыте, A – численность вредителя в контроле.

Статистическая обработка полученных данных проводилась по общепринятым методикам с использованием компьютерной программы Statistica 6.0.

Схема проведенного эксперимента позволяет оценить воздействие иммуномодулятора на функционирование двух систем: дитрофа огурец – паутинный клещ и триотрофа огурец – паутинный клещ – клещеядная галлица. Исследования показали, что в системе дитрофа обработка растений Иммуноцитифитом снижала численность дочерних самок паутинного клеща на 15–16 %, однако различие между контролем и опытом было достоверно только на уровне ошибки опыта. При этом поврежденность вредителем обработанных препаратом растений оказалась несколько выше, чем в контроле. В дальнейшем совокупная численность дочерних и внучатых самок клеща на обработанных и не обработанных Иммуноцитифитом растениях, как и их поврежденность вредителем, были фактически одинаковыми. В аналогичных вариантах триотрофа эти показатели вследствие деятельности галлицы были существенно ниже (по численности клеща – в 10 раз, по степени повреждения огурца – в 5 раз), но также одинаковые на обработанных и не обработанных препаратом растениях (табл. 1). Биологическая эффективность акарифага в снижении численности вредителя составляла: на первую дату учета на не обработанных препаратом растениях – 97.5 %, на обработанных – 92.7 %; на вторую дату – соответственно 90.9 и 89.4 %.

Результаты двухфакторного дисперсионного анализа полученных данных показывают, что при ярко выраженном влиянии акарифага на численность паутинного клеща и степень повреждения им растений достоверное воздействие препарата на поврежденность огурца очевидно только при первом учете. На этом же этапе эксперимента отмечено совместное влияние препарата и акарифага на численность дочерних особей клеща (табл. 1).

Выраженного влияния препарата на численность личинок и куколок галлицы не выявлено. Суммарная численность личинок и куколок при первом учете на не обработанных препаратом растениях была несколько выше в сравнении с обработанными, однако различие было достоверно только на уровне ошибки опыта. Более достоверны отличия в количестве личинок, но вектор различий в разные даты учета оказался противоположным: на не обработанных Иммуноцитифитом растениях личинок акарифага при 1-м учете было достоверно больше в сравнении с обработанными, тогда как во 2-м учете, напротив, меньше (табл. 2).

В ходе эксперимента было обнаружено, что паутинный клещ и галлица по-разному заселяли опытные и контрольные растения. Несмотря на то, что в вариантах дитрофа существенного влияния препарата на ярусное распределение фитофага не наблюдалось, на обработанных растениях была отмечена миграция части клещей с листьев второго яруса, на которые были помещены первичные самки. Об этом свидетельствует снижение заселенности вредителем листовых пластинок второго яруса в варианте с препаратом в сравнении с контролем. Различие между этими вариантами достоверно на уровне ошибки опыта. Иммуноцитифит сильнее влияет на характер распределения галлицы по растению: доля ее особей от общего количества на растении существенно выше на обработанных препаратом листьях 1-го яруса, чем в контроле (табл. 3).

Высокая численность паутинного клеща на растениях в вариантах без галлицы и низкая его плотность в присутствии акарифага дают возможность оценить воздей-

Таблица 1. Влияние Иммуноцитифита и хищной галлицы *Feltiella luboviae* Fedotova et Kozlova на численность паутинового клеща и поврежденность им растений

Вариант		Показатель			
		Учет №1		Учет №2	
		Число особей клеща на растении	Степень повреждения растения (в баллах)	Число особей клеща на растении	Степень повреждения растений (в баллах)
Контроль (вода)	Без галлицы	97.5 ± 8.05	0.8 ± 0.08	386.5 ± 31.06	2.5 ± 0.09
	С галлицей	2.4 ± 0.57	0.5 ± 0.07	35.1 ± 6.36	0.5 ± 0.08
Опыт (препарат)	Без галлицы	82 ± 5.16	1 ± 0.07	343.6 ± 21.51	2.6 ± 0.13
	С галлицей	6 ± 3.21	0.6 ± 0.07	36.3 ± 8.56	0.5 ± 0.09
Безотносительно к обработке растений Иммуноцитифитом					
Без галлицы		89.3 ± 4.91	0.9 ± 0.06	363.8 ± 18.71	2.5 ± 0.08
С галлицей		4.3 ± 1.74	0.5 ± 0.05	35.7 ± 5.26	0.5 ± 0.06
Безотносительно к выпуску акарифага					
Контроль		53.1 ± 13.34	0.6 ± 0.06	222.5 ± 49.6	1.5 ± 0.27
Обработка растений препаратом		46.2 ± 9.95	0.8 ± 0.07	198.9 ± 40.1	1.6 ± 0.27
Результаты двухфакторного дисперсионного анализа					
Влияние препарата (1), F		1.3	3.48*	1.0	0.5
Влияние акарифага (2), F		265***	19.12***	257.8***	381.6***
Совместное влияние препарата и акарифага (1 × 2), F		3.3*	0.48	1.2	0.4

Примечание. Приведены средние значения показателей ± ст. ошибка; * – $p \leq 0.1$, ** – $p \leq 0.05$, *** – $p \leq 0.01$.

Таблица 2. Влияние обработки огурца Гинга Иммуноцитифитом на численность клещеядной галлицы *Feltiella luboviae* Fedotova et Kozlova

Вариант	Число особей акарифага на растении					
	Учет № 1			Учет № 2		
	Личинок	Куколок	Личинок + куколок	Личинок	Куколок	Личинок + куколок
Контроль	1.3 ± 0.36	6.4 ± 0.72	7.7 ± 0.89	0.1 ± 0.14	3.1 ± 1.28	3.3 ± 1.36
Препарат	0.4 ± 0.24	5.1 ± 0.84	5.6 ± 0.94	1.4 ± 0.65	4.6 ± 1.54	6 ± 2.07
Результаты однофакторного дисперсионного анализа						
Влияние препарата, F	4.04*	1.32	2.6	3.02*	0.46	1.05

Примечание. Приведены средние значения показателей ± ст. ошибка; * – $p \leq 0.1$.

Таблица 3. Заселенность паутиным клещом и клещеядной галлицей *Feltiella luboviae* Fedotova et Kozlova листьев 1, 2 и 3-го ярусов на растении огурца (по данным учета № 1)

Вариант	Доля особей на листе от их общего числа на растении, %		
	1-й ярус	2-й ярус	3-й ярус
Паутиный клещ			
Контроль (вода)	3 ± 2.32	83.1 ± 5.45	6.5 ± 2.75
Опыт (препарат)	8.1 ± 3.76	70.5 ± 6.32	9.9 ± 2.55
Влияние препарата, F	1.28	2.21	0.8
Галлица (личинки + куколки)			
Контроль (вода)	1.8 ± 1.79	69.6 ± 6.74	18.6 ± 5.95
Опыт (препарат)	15.1 ± 4.07	68.6 ± 8.07	16.3 ± 5.1
Влияние препарата, F	8.04**	0.01	0.09

Примечание. Приведены средние значения показателей ± ст. ошибка; ** – $p \leq 0.05$.

ствии Иммуноцитифита на морфогенез растений, поврежденных вредителем в разной степени. Уже при первом учете в варианте «препарат без акарифага» число листьев на растениях, представленных только одним побегом, было меньше, чем в остальных трех вариантах. Дисперсионный анализ обнаружил достоверное влияние на этот показатель применения Иммуноцитифита, а также совместное влияние препарата и акарифага; наличие или отсутствие одного из данных условий (факторов) определяло степень повреждения растений (табл. 4).

Ко второму учету число листьев на главном побеге увеличилось в 2 раза, но отмеченная тенденция к различию в их количестве в вариантах опыта сохранялась. Статистический анализ показал, что при отсутствии непосредственного влияния на количество листьев на побеге как препарата, так и поврежденности клещом, очевидно совместное влияние этих факторов. Надо отметить, что в вариантах «без препарата» растения по архитектонике не различались, несмотря на их контрастное повреждение вредителем (0.5 и 2.5 балла при наличии и отсутствии хищника соответственно). Однако на обработанных препаратом растениях, в такой же мере контрастных по степени повреждения клещом (0.5 и 2.6 балла), значения показателей архитектоники были достоверно выше в варианте с галлицей, где поврежденность была минимальной (табл. 4). Анализ данных показывает, что при отсутствии влияния препарата на развитие боковых побегов огурца и существенном воздействии акарифага совместное влияние данных факторов высоко достоверно (см. табл. 4). На растениях с максимальной в опыте поврежденностью фитофагом (варианты дитрофа) наблюдается тенденция к негативному воздействию Иммуноцитифита на рост и развитие огурца: значения показателей архитектоники растений в варианте с препаратом несколько ниже таковых в варианте без него.

При третьем учете оценки архитектоники растений длина главного побега оказалась максимальной у растений в варианте «без препарата и без галлицы» (дитроф без препарата). Отличия данного варианта от трех других, в которых длина побега была прак-

Таблица 4. Морфометрические показатели архитектоники поврежденных паутиным клещом растений

Вариант	Номер учета							
	2				3			
	1	2	3	4	5	6	7	8
	Число листьев на главном побеге	Число листьев на главном побеге	Число боковых побегов,	Всего листьев на боковых побегах	Длина главного побега, см	Число листьев на главном побеге	Число боковых побегов	Всего листьев на боковых побегах
Контроль	7 ± 0.27	13.8 ± 0.59	2.4 ± 0.78	4.8 ± 1.64	192 ± 4.14	15.6 ± 0.32	3.5 ± 1.28	10.3 ± 3.24
С акарифагом	6.9 ± 0.14	13.1 ± 0.51	2.4 ± 0.43	4.6 ± 0.87	177.6 ± 4.89	17.6 ± 0.61	6.7 ± 0.57	22.9 ± 2.59
Обработка Иммуноцитифитом	6.3 ± 0.17	12.9 ± 0.35	1.2 ± 0.46	2.3 ± 1.04	177.2 ± 9.15	14.8 ± 0.83	2.2 ± 0.43	6 ± 1.91
	6.9 ± 0.11	14.3 ± 0.45	3.8 ± 0.31	6.5 ± 0.78	180.3 ± 3.89	18.3 ± 0.41	7 ± 0.6	27.1 ± 2.13
Безотносительно к обработке растений Иммуноцитифитом								
Без акарифага	6.6 ± 0.17	13.3 ± 0.34	1.8 ± 0.45	3.5 ± 0.97	184.2 ± 5.39	15.2 ± 0.46	2.8 ± 0.64	8 ± 1.85
С акарифагом	6.9 ± 0.09	13.7 ± 0.36	3.1 ± 0.31	5.6 ± 0.62	179 ± 2.99	17.9 ± 0.36	6.9 ± 0.4	25.1 ± 1.7
Безотносительно к выпуску акарифага								
Контроль	6.9 ± 0.15	13.5 ± 0.39	2.4 ± 0.45	4.7 ± 0.93	185.3 ± 3.61	16.5 ± 0.41	5 ± 0.83	16.1 ± 2.64
Обработка Иммуноцитифитом	6.6 ± 0.12	13.5 ± 0.32	2.4 ± 0.42	4.3 ± 0.83	178.6 ± 5.04	16.4 ± 0.64	4.5 ± 0.69	15.9 ± 2.97
Результаты двухфакторного дисперсионного анализа								
Влияние препарата (1), F	3.08*	0.07	0.03	0.05	0.92	0.02	0.39	0.00
Влияние акарифага (2), F	1.3	0.62	5.91**	2.99*	0.82	20.23***	25.53***	45.57***
Совместное влияние препарата и акарифага (1 × 2), F	3.73*	4.24**	5.43**	3.55*	1.92	1.6	0.98	2.92*

Пр и м е ч а н и е. Приведены средние значения показателей ± ст. ошибка; * - $p \leq 0.1$, ** - $p \leq 0.05$, *** - $p \leq 0.01$.

тически одинаковой, превышали пределы ошибки опыта. Количество листьев на главном побеге, а также количество боковых побегов и суммарное число листьев на них как у обработанных, так и у не обработанных препаратом растений были заметно больше в присутствии галлицы, чем при ее отсутствии. При этом различия между вариантами дитрофа, как и между вариантами триотрофа, были в пределах ошибки опыта (см. табл. 4). Результаты дисперсионного анализа не выявили непосредственного воздействия Иммуноцитифита на архитектуру растений в эксперименте. Однако влияние акарифага, эффективно снижающего численность вредителя и, тем самым, поврежденность растений, высоко достоверно в отношении всех изучаемых показателей морфологической структуры растения огурца, кроме длины главного побега. Совместное влияние препарата и акарифага при третьем учете достоверно выявлено только для показателя «суммарное количество листьев на боковых побегах».

Сопоставление морфологических показателей слабо поврежденных клещом растений, обработанных и не обработанных Иммуноцитифитом (варианты триотрофа), показывает, что воздействие препарата на морфогенез огурца длится лишь в течение определенного периода. Так, через 27 суток после начала опыта количество листьев на главном побеге, число боковых побегов и листьев на этих побегах в варианте с препаратом были достоверно больше, чем в варианте без препарата, а спустя 16 суток различия исчезли.

ОБСУЖДЕНИЕ

Опубликованы данные о влиянии обработки растений химическими соединениями с элиситорной активностью на консументов второго порядка. Воздействие соединений-элиситоров зависит от их химической природы, вида растения и членистоногих – консументов первого и второго порядков в триотрофах. Показано, что индуцированные защитные реакции могут способствовать привлечению к растениям энтомофагов и акарифагов и не оказывать существенного влияния на их хищническую или паразитарную активность (Gols et al., 1999; Shimoda et al., 2002; Thaler, 2002; Bruinsma et al., 2009). Однако возможны и негативные воздействия защитных реакций растений на развитие полезных членистоногих. Обработка растений жасмоновой кислотой, как показано на томате, снижала хищническую активность клеща *Phytoseiulus longipes* Evans и его плодовитость, тем самым оказывая положительное влияние на выживание потомства его жертвы, паутинового клеща (Ataide et al., 2016). Негативное влияние жасмоновой кислоты отмечено и на паразитоида *Hyposoter exiguae* Vier., особи которого в гусеницах *Spodoptera exigua* Hbn., выращенных на обработанных этой кислотой томатах, развивались медленнее и набирали меньшую массу, чем в гусеницах, питавшихся необработанными растениями (Thaler, 1999).

Исследования действия арахидоновой кислоты или содержащих ее препаратов на энтомофагов и акарифагов единичны. Так, установлено, что обработка огурца иммуномодулятором Хитозар Ф, содержащим в своем составе арахидоновую кислоту, не влияет на предпочтение растений хищным клопом ориусом (*Orius laevigatus* Fieber) при поиске жертвы (Юрченко и др., 2004). В нашем исследовании существенного воздействия Иммуноцитифита на поведение имаго галлицы при выборе растений для откладки яиц не выявлено. Тем не менее, в эксперименте первичные (исходные) самки акарифага в меньшей степени предпочитали для откладки яиц растения, обработанные

препаратом, тогда как в выборе растений дочерними самками хищника наблюдалась обратная тенденция (табл. 2). Такая неоднозначность поведения насекомого, по-видимому, обусловлена тем, что основным стимулом для откладки яиц дочерними имаго галлицы являлась плотность жертвы на растениях независимо от их обработки препаратом или водой. Способствование обработки растений Иммуноцитифитом заселению галлицей первого яруса листьев огурца проявлялось неотчетливо, что может быть связано с изменением пространственного размещения на них жертвы (паутинного клеща) вследствие воздействия препарата. Численность малоподвижных личинок галлицы (как и численность куколок) на листе в значительной мере определяется количеством отложенных на него яиц. Особи клеща могут размещаться на листовой пластинке с разной степенью агрегированности (Раздобурдин и др., 2014). Можно предположить, что на откладку яиц самками галлицы влияли не только численность клеща, но и характер размещения особей вредителя на листовой пластинке – их плотность в микроочагах.

Отсутствие в эксперименте вариантов с обработанными и не обработанными Иммуноцитифитом растениями, не заселенными вредителем, не позволяет в полном объеме определить влияние препарата на морфогенез огурца, однако результаты дают представление о воздействии на систему триотрофа Иммуноцитифита как регулятора роста и развития растений.

Известно, что в стрессовых условиях адаптационно-компенсаторные реакции растения, направленные на поддержание гомеостатического уровня обменных процессов, всегда связаны с дополнительными затратами энергии. Такие затраты энергии тем выше, чем больше экологическое несоответствие в системе «растение–среда» (Жученко, 2004). В нашем эксперименте растения были повреждены клещом, что предполагает развитие в них определенных ответных компенсаторно-восстановительных реакций, зависящих от степени повреждения вредителем. В вариантах с применением на огурце препарата ответ растений на повреждение паутинным клещом происходил на фоне реакций, вызванных обработкой растений иммуномодулятором. Согласно результатам эксперимента, при невысокой поврежденности огурца клещом препарат стимулировал рост и развитие боковых побегов; при сильном повреждении, напротив, препарат оказывал скорее негативное влияние (табл. 5).

Результаты исследования дают основание полагать, что обработка огурца Иммуноцитифитом вызывала каскад биохимических реакций, направленных на повышение устойчивости растений к неблагоприятным факторам внешней среды, в том числе и к фитофагам. Однако иммунизации растений препаратом было недостаточно для эффективной их самозащиты от паутинного клеща, она имела определенную энергетическую «цену». Поскольку дополнительный расход энергии на любую иммунную структуру или функцию идет в ущерб процессам роста и дифференцировки растительного организма, такие энергетические затраты огурца могут быть особенно значимы при его существенном повреждении вредителем. По-видимому, по этой причине в варианте дитрофа свойства препарата как стимулятора роста и развития растений не проявились.

Таблица 5. Воздействие препарата на архитектуру растений в системах дитрофа «огурец – паутинный клещ» и триотрофа «огурец – паутинный клещ – клещеядная галлица»

Вариант		Номер учета							
		1	2			3			
		Число листьев на главном побеге	Число листьев на главном побеге	Число боковых побегов	Всего листьев на боковых побегах	Длина главного побега, см	Число листьев на главном побеге	Число боковых побегов	Всего листьев на боковых побегах
Дитроф (поврежденность клещом – 2.5–2.6 балла)	Препарат	90 *	93.5	50	47.9	92.3 *	94.9	62.9	58.3
Триотроф (поврежденность клещом – 0.5 балла)	Растения обработаны препаратом	100	109.2 *	158.3 *	141.3 *	101.5	104	104.5	118.3

Примечание. Данные приведены в процентах по отношению к контролю (обработка водой), * – различия средних значений сравниваемых показателей превышают уровень ошибки опыта.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В консортной системе «огурец – *Tetranychus urticae* – *Feltiella luboviae*» существенного влияния препарата-иммуномодулятора Иммуноцитифит на развитие и рост численности консументов первого и второго порядков не выявлено. Полученные данные позволяют предполагать, что Иммуноцитифит может влиять на поведение особей вредителя при поиске места питания и на их размещение на растении, и тем самым на поведение акарифага при откладке яиц.

Деятельность хищника может определять результативность действия препарата как регулятора роста и развития растений. На заселенном паутинным клещом растении огурца функционирование систем регуляции и интеграции, обеспечивающих процессы морфогенеза растения, зависит от степени его повреждения вредителем. Значительная поврежденность растений (до 50–75 % ассимиляционной поверхности) фитофагом при его высокой численности негативно влияла на образование и рост боковых побегов. От интенсивности повреждений зависит также действие препарата, способного стимулировать рост и развитие огурца. Акарифаг, независимо от действия препарата на растения, эффективно снижал численность вредителя и, соответственно, поврежденность листьев, которая не превышала 25 % их поверхности. Только в этих условиях проявлялось стимулирующее морфогенез огурца действие Иммуноцитифита – ускорение образования и роста боковых побегов.

Можно полагать, что применение на огурцах препаратов на основе арахиновой кислоты или ее производных для повышения устойчивости растений к неблагоприятным абиотическим факторам, а также к фитопатогенам не будет отрицательно влиять на использование галлицы *F. luboviae* в биологической защите растений от паутинного клеща. На это указывают выявленные нами близкие значения биологической эффективности хищника на растениях, обработанных и не обработанных Иммуноцитотифом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Жученко А. А. 2004. Экологическая генетика культурных растений и проблемы агросферы (теория и практика). Монография в двух томах. Т. 1. М.: «Издательство Агрорус», 690 с.
- Кириллова О. С. 2015. Семиохимические взаимодействия и индуцированные защитные реакции в растениях огурца при повреждении фитофагами. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук. СПб.–Пушкин: Всероссийский НИИ защиты растений (ВИЗР), 22 с.
- Кириллова О. С. 2016. Особенности действия Иммуноцитотифа на западного цветочного трипса при обработке огурца посевного. Вестник защиты растений **89** (3): 81–82.
- Козлова Е. Г. [Интернет документ]. 2019. Опыт применения клещеядной галлицы нового вида *Feltiella* sp. (Diptera, Cecidomyiidae) для защиты культуры огурца от паутинного клеща. В кн.: Фитосанитарные технологии в обеспечении независимости и конкурентоспособности АПК России: материалы IV Всероссийского Съезда по защите растений, СПб., 9–11 сентября 2019 г. СПб., с. 296. [URL: <https://drive.google.com/file/d/116kMQGmtKKrbPzLetKG2bmrNPf5j6V7j/view>] (дата обращения: 26.10.2021 г.)
- Коробейникова О. В., Мерзлякова В. М. 2019. Иммуноцитотиф на томатах открытого грунта. Картофель и овощи **2**: 21–22. <https://doi.org/10.25630/PAV.2019.16.2.003>
- Кульнев А. И., Соколова Е. А. 1997. Многоцелевые стимуляторы защитных реакций, роста и развития растений (на примере препарата Иммуноцитотиф). Пушкино: ОНТИ ПНЦ РАИ, 100 с.
- Озерецковская О. Л., Васюкова Н. И., Чаленко Г. И. 2009. Процесс раневой репарации и индуцирования устойчивости клубней картофеля. Прикладная биохимия и микробиология **45** (2): 220–224.
- Раздубурдин В. А., Сергеев Г. Е., Васильев С. В. 2014. Размещение паутинного клеща *Tetranychus urticae* Koch (Acarina, Tetranychidae) на листовых пластинках различных сортообразцов огурца. Энтомологическое обозрение **93** (1): 30–42.
- Тютюрев С. Л. 2014. Природные и синтетические индукторы устойчивости растений к болезням. СПб.: ВИЗР, 212 с.
- Федотова З. А., Козлова Е. Г. 2019. Галлицы рода *Feltiella* Rübsaamen (Diptera, Cecidomyiidae) на северо-западе России (с описанием нового вида). Энтомологическое обозрение **98** (4): 843–869. <https://doi.org/10.1134/S0367144519040038>
- Юрченко О. С., Селицкая О. Г., Буров В. Н., Тютюрев С. Л. 2004. 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). Энтомологическое обозрение **83** (4): 808–815.
- Ataide L. M. S., Pappas M. L., Schimmel B. C. J., Lopez-Orenes A., Alba J. M., Duarte M. V. A., Pallini A., Schuurink R. C., Kant M. R. 2016. Induced plant-defenses suppress herbivore reproduction but also constrain predation of their offspring. Plant Science **252**: 300–310. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2016.08.004>
- Bruinsma M., Posthumus M. A., Mumm R., Mueller M. J., van Loon J. J. A., Dicke M. 2009. Jasmonic acid-induced volatiles of *Brassica oleracea* attract parasitoids: effects of time and dose, and comparison with induction by herbivores. Journal of Experimental Botany **60** (9): 2575–2587. <https://doi.org/10.1093/jxb/erp101>
- Gols R., Posthumus M. A., Dicke M. 1999. Jasmonic acid induces the production of gerbera volatiles that attract the biological control agent *Phytoseiulus persimilis*. Entomologia Experimentalis et Applicata **93**: 77–86. <https://doi.org/10.1046/j.1570-7458.1999.00564.x>
- Shimoda T., Ozawa R., Arimura G., Takabayashi J., Nishioka T. 2002. Olfactory responses of two specialist insect predators of spider mites toward plant volatiles from lima bean leaves induced by jasmonic acid and/or methyl salicylate. Applied Entomology and Zoology **37** (4): 535–541. <https://doi.org/10.1303/aez.2002.535>

- Thaler J. S. 1999. Jasmonate-inducible plant defenses cause increased parasitism of herbivores. *Nature* **399**: 686–688.
- Thaler J. S. 2002. Effect of jasmonate-induced plant responses on the natural enemies of herbivores. *Journal of Animal Ecology* **71** (1): 141–150.
<https://doi.org/10.1046/j.0021-8790.2001.00586.x>

INTERACTIONS IN THE SYSTEM HOST-PLANT CUCUMBER – THE SPIDER MITE *TETRANYCHUS URTICAE* KOCH (ACARINA, TETRANYCHIDAE) – THE PREDATORY MIDGE *FELTIELLA LUBOVIAE* FEDOTOVA ET KOZLOVA (DIPTERA, CECIDOMYIIDAE) WHEN APPLYING ETHYL ARACHIDONATE

V. A. Razdoburdin, O. S. Kirillova, E. G. Kozlova

Key words: acariphage behaviour, pest injury to plant, plant organogenesis, Immunocytophyte.

S U M M A R Y

Investigation was carried out on vegetating plants in a greenhouse applying Immunocytophyte, a derivative of ethyl arachydonate (Arachidonic acid ethyl ester). Effect of the preparation on the numbers of the twospotted spider mite and a predatory midge, *Feltiella luboviae*, and also on the growth and development of the cucumber plants was investigated. No considerable impact on the phytophage and its predator was found. Data were received on the role of the acariphage in the intraspecific interactions in the triotroph cucumber – twospotted spider mite – predatory midge, influencing the effectiveness of the preparation capable of regulating the plants growth and development. The midge *Feltiella luboviae*, irrespective of the preparation use, effectively decreased the spider mite abundance and, consequently, damage to the cucumber plant by the pest, on which the Immunocytophyte influence on the formation and growth of the lateral shots of the cucumber plants depended. Immunocytophyte effect stimulating the cucumber plant morphogenesis was noticeable at the damage to leaves not exceeding 25% of their surface, which was a result of the predator activity.