

УДК 595.425:632.936.2

СОВМЕСТНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФЕРОМОНОВ И АКАРИЦИДОВ ДЛЯ БОРЬБЫ С ПАУТИННЫМИ КЛЕЩАМИ НА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУРАХ

В. И. МИТРОФАНОВ, С. Я. ПОПОВ, В. Н. КУЛЬМАН

(Кафедра энтомологии)

Исследовали аттрактивные свойства новых опытных образцов феромонов паутинных клещей комплекса *Tetranychus atlanticus-turkestanii* цис-неролидола и фарнезола в сравнении с коммерческим образцом стиррупом М. На цис-неролидол и фарнезол в первые 9 ч реагировали от 43 до 74% самцов. Наибольшую аттрактивность из них показал цис-неролидол в концентрациях от 0,1 до 1,0% по действующему веществу. Феромоны в оптимальных концентрациях в смеси с акарицидом хлорэтанолом (жельтаном) обнаружили эффективное аттрактивное действие, в то время как акарицид без феромонов показал типично репеллентное свойство. Исследование ориентирует на изучение возможности управления соотношением полов паутинных клещей в течение сезона путем элиминации самцов с помощью акарицидов с добавлением феромона.

Способность самок-телеохризалид паутинных клещей удерживать возле себя самцов установлена сравнительно давно [4]. Однако биологический смысл этого явления, расшифрованный на основе феромонной коммуникации, проявился в работах исследователей только в 1970-е годы [3, 5 и др.]. Тогда же в серии экспериментов по идентификации полового аттрактанта паутинных клещей было показано, что аттрактивными свойствами в отношении самцов паутинных клещей комплекса *Tetranychus urticae-cinnabarinus* обладает фарнезол и его изомеры [6, 7].

В 1980-е годы компания Ferhone Chemicals Incorporated (США) изготовила и испытала в полевых условиях промышленный образец феромона паутинных клещей стирруп М (*Stirrup M*), являющийся полиметилалкенолом. Препарат был рекомендован к исполь-

зованию в качестве аттрактивной добавки к акарицидам, применяемым в стандартных или уменьшенных дозах на различных сельскохозяйственных культурах. Предполагается, что стирруп М по аналогии с синтетическими феромонами для насекомых, разработанными ранее, позволит посредством дифференциальной гибели самцов изменять соотношение полов, ухудшая репродуктивные характеристики популяций.

Нами исследовалась феромонная активность в отношении паутинных клещей комплекса *Tetranychus atlanticus-turkestanii* двух опытных образцов синтетических половых феромонов: фарнезола (синтеза Тартуского государственного университета) и цис-неролидола (синтеза Института органической химии им. В. П. Зелинского). В качестве эталона избрали коммерческий об-

разец феромона паутиных клещей стирруп М. Ранее нами были проведены предварительные лабораторные и полевые испытания опытного и коммерческого образцов феромона паутиных клещей на груше [1, 2].

В задачу наблюдений входило: установить половую аттрактивность указанных феромонов в отношении самцов паутиных клещей; определить оптимальную биологически активную концентрацию феромонов и продолжительность их действия; установить аттрактивность испытываемых феромонов и коммерческого образца стиррупа М при совместном их применении с эталонным химическим акарицидом.

Конечная цель работы — получить сведения о возможности использования половых феромонов тетраниховых клещей в борьбе с ними в интегрированных программах для снижения пестицидной нагрузки на агробиоценозы и остаточных количеств пестицидов в урожае.

Методика

Лабораторный опыт по изучению аттрактивности двух новых образцов феромона проводили в отделе защиты растений ГНБС в августе 1990 г. Тест-объектом служили самцы туркестанского паутинового клеща *Tetranychus turkestanii* Ug. et Nik., собранные с листьев груши из коллекции Степного отделения ГНБС Крымской области и размноженные в лаборатории. Самцов в опыте содержали на листовых дисках груши сорта Таврическая и Бере Боск. Варианты опыта различались по степени разведения феромонов; в каждом из них было 10 повторностей, одна повторность включала 10 самцов.

Для опытов брали по 1 мл цис-неролидола и фарнезола и смешивали каж-

дый с 10 мл гексана, полученную эмульсию разбавляли водой до 0,001; 0,01; 0,1 и 1,0% концентрации. Предварительно в воду (100 мл) добавляли 10 г сухого додецилсульфата натрия — стабилизатора эмульсии. Контрольный вариант — чистая вода.

Адсорбентом феромона служили высушенные мелкие фракции промытого строительного песка. Частицы песка, смоченные эмульсией феромона в испытываемой концентрации (в контроле — водой), помещали на листовые диски, туда же подсаживали самцов клещей и в течение 9 ч (ежечасно) наблюдали за их реакцией.

Температура воздуха в лаборатории 27° С, относительная влажность воздуха 65%, продолжительность дневного освещения 14,5 ч.

Токсикологические опыты с феромонами проводили в июле 1990 г. на кафедре энтомологии Тимирязевской академии и в августе того же года в отделе защиты растений ГНБС. В опыте со стиррупом М использовали самцов атлантического паутинового клеща *Tetranychus atlanticus* McGregor, отобранных с листьев земляники в совхозе им. Ленина Ленинского района Московской области. В опыте с цис-неролидом и фарнезолом использовали самцов *T. turkestanii*, собранных с груши в Степном отделении ГНБС. Методика в том и другом опытах была аналогичной.

Свежесрезанные листья земляники или груши, плотно закрепленные в пузырьки с водой, погружали ребром до уровня средней жилки в растворы препаратов на несколько секунд. После подсыхания капель из листьев вырезали прямоугольники размером 1x2 см так, чтобы срединная жилка делала вырезку на равные участки с обработанной и необработанной препаратами

площадь. Вырезки помещали в кювету с прокладкой из фильтровальной бумаги, смоченной водой. Самцов подсаживали кистью на необработанную поверхность и через определенные интервалы времени (0,5; 1 ч или с большим перерывом) фиксировали их пространственное распределение. На одну вырезку помещали по 10 самцов; в варианте в основном 10 повторностей. В качестве эталонного акарицида избрали хлорэтанол при разведении 3 мл препарата в 1 л воды (0,06% по д. в.). Цис-неролидол испытывали в концентрации 0,001; 0,01; 0,1 и 1,0% по д. в., фарнезол — 0,001; 0,01 и 0,1% по д. в., стирруп М — в 0,2% концентрации по препарату (0,004% по д. в.). Смертность особей учитывали в течение первых пяти дней опыта.

В связи с тем, что поведенческие реакции паутиных клещей достаточно сложны, считаем целесообразным перед описанием результатов действия синтетических половых феромонов обозначить характерный стереотип поведения самцов в новой зоне обитания. Самцам, оказавшимся на незнакомой территории, свойственно исследование местности. Большинство из них делают полукруговые или зигзагообразные передвижения, метя территорию паутиными нитями. Часть самцов, найдя убежище под жилкой листа, готовит «паутиный домик» и остается в нем на несколько часов. По-видимому, различия в миграционной активности связаны в основном со степенью голода, возрастными свойствами и половой активностью. В том случае, если половозрелый самец обнаружит телеохризалиду или молодую самку, он концентрирует передвижения вокруг партнерши и редко отходит от нее, пока не добьется успеха. Пенманом и Коне [6] выяснено, что паутина дейтонимф по-

могает самцам обнаружить телеохризалиду, а эффективное действие феромона проявляется только на расстоянии 1,8—2,3 мм от источника. Немаловажная роль в удержании самцов у феромонного источника принадлежит тактильному эффекту, выражающемуся в том, что самцы фиксируют линяющую дейтонимфу паутиными нитями или, в классическом варианте, стерегут ее, накрыв передними ногами.

Поскольку в наших опытах не использовались телеохризалиды, стереотип полового поведения самцов мог оказаться реализованным не полностью. Тем не менее миграционная активность самцов в различных вариантах и в контроле показывает степень аттрактивности или антифидантности фероментов.

Результаты

На рис. 1 и 2 представлены результаты испытания феромонов в разной концентрации.

В контрольном варианте случайное привлечение самцов паутиного клеща частицами промытого в воде

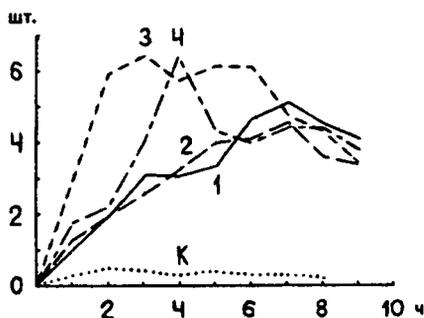


Рис. 1. Аттрактивность цис-неролидола для самцов туркестанского паутиного клеща в зависимости от концентрации. 1 — 0,001%; 2 — 0,01; 3 — 0,1; 4 — 1,0% по д. в.; K — контроль (вода).

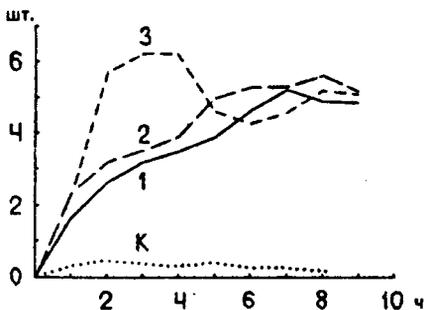


Рис. 2. Аттрактивность фарнезола для самцов туркестанского паутинного клеща в зависимости от концентрации. 1 — 0,001%; 2 — 0,01; 3 — 0,1% по д.в.; К — контроль (вода).

песка вследствие чисто тактильного эффекта не поднимается выше 3,0%. Оно регистрируется на протяжении всего опыта независимо от его продолжительности.

Испытание аттрактивности циснеролидола. В варианте 1 (0,001% раствор феромона) кривая аттрактивности имела относительно пологий характер и достигала максимума спустя 8 ч с начала постановки опыта, при этом количество зарегистрированных в феромонной зоне самцов достигло 51%. Затем кривая аттрактивности стала снижаться.

В варианте 2 (0,01% раствор) картина была очень сходной, но максимум кривой аттрактивности отмечен спустя 7 ч с начала опыта, а количество самцов у обработанных частиц достигло 48%.

В варианте 3 (0,1% раствор) кривая аттрактивности сначала круто поднималась и достигла максимума спустя 3 ч с начала постановки опыта. При этом количество привлеченных самцов составило 74%. В дальнейшем она мед-

ленно снижалась, и спустя 9 ч количество перераспределившихся самцов удерживалось на уровне 43%.

В варианте 4 (1,0% раствор) кривая аттрактивности имела вид зигзагообразной линии с пологой частью в интервале между 10 мин и 3,5 ч и максимальным значением спустя 4 ч после начала опыта, когда количество привлеченных самцов достигло 65% их общего числа в варианте.

Испытание аттрактивности фарнезола. В варианте 1 (0,001% раствор) кривая роста постепенно возрастала до точки, соответствующей 9 ч с начала постановки опыта. В этот момент привлеченными оказались 50% самцов.

В варианте 2 (0,01% раствор) характер кривой мало изменился по сравнению с вариантом 1. К 9-му часу было зарегистрировано максимальное количество привлеченных самцов — 58%.

В варианте 3 (0,1% раствор) отмечен резкий крутой подъем кривой аттрактивности в первые 2 ч после начала опыта, через 3 ч количество привлеченных самцов составило 64%, спустя 9 ч на него реагировало всего 45% самцов.

Испытание аттрактивных свойств феромонов в смеси с эталонным акарицидом хлорэтанолом. Смертность туркестанского паутинного клеща на вырезках груши на 3-и сутки в контроле и в вариантах с феромонами не превышала 5%, в варианте с хлорэтанолом она составила 28% (табл. 1). Смертность самцов атлантического паутинного клеща на вырезках земляники в опыте со стиррупом М в контроле также оказалась незначительной, однако в варианте с хлорэтанолом в период 3—5-е сутки она составила от 55,3 до 100% (табл. 2). Возможно, самцы атланти-

Таблица 1

Смертность самцов туркестанского паутинного клеща (%) в вариантах с цис-неролидолом, фарнезолом и в смесях этих феромонов с хлорэтанолом

Вариант	На 3-и сутки	С поправкой на контроль
Цис-неролидол и хлорэтанол		
Контроль	5	—
Цис-неролидол, 0,01	4	0
Цис-неролидол, 0,1	5	0
Хлорэтанол, 0,06	28	24,2±2,49
Цис-неролидол + хлорэтанол, 0,1 + 0,06	91	90,5±2,77
НСР ₀₅		7,81
НСР ₀₁		10,71
Фарнезол и хлорэтанол		
Контроль	5	—
Фарнезол, 0,01	5	0
Фарнезол, 1,0	3	0
Хлорэтанол, 0,06	28	24,2±2,49
Фарнезол + хлорэтанол, 1,0 + 0,6	74	72,6±3,06
НСР ₀₅		8,29
НСР ₀₁		11,38

Таблица 2

Смертность атлантического паутинного клеща (%) в вариантах со стирrupом М и хлорэтанолом

Вариант	Смертность с поправкой на контроль		
	2-е сутки	3-и сутки	5-е сутки
Стирrup М, 0,04	0	0	0
Хлорэтанол, 0,06	0	55,3±6,49	100
Стирrup М + хлорэтанол, 0,004 + 0,06	12,1	78,4±6,57	100
НСР ₀₅		19,39	

Примечание. В контроле естественная гибель самцов составила на 2-е сутки 1,0, на 3—5-е — 3,1%.

ческого паутинного клеща проявили большую активность в обследовании территории, чем самцы туркестанского паутинного клеща. Смертность самцов на 3-и сутки при совместном применении хлорэтанолола с феромонами превышала 72,6%. Разница в смертности самцов на аренах, обработанных только акарицидом и смесью акарицида с феромоном, во всех вариантах оказалась существенной. Наиболее эффективной на 3-и сутки была смесь хлорэтанолола с цис-неролидолом (смертность 90,5%); аттрактивное действие фарнезола и стирrupа М было примерно одинаковым (смертность соответственно 72,6 и 78,4%). При использовании стирrupа М смертность особей на 5-е сутки во всех вариантах, включавших акарицид, достигла 100%.

Обсуждение результатов

При испытании аттрактивных свойств цис-неролидола было установлено, что в интервале концентраций 0,001—1,0% по д. в. положительно реагировало на феромон 48—74% самцов туркестанского паутинного клеща. При этом с повышением концентрации от 0,001 до 0,1% скорость привлечения самцов возрастала, при концентрации 1,0% в первое время наблюдалось торможение аттрактивности, вызванное, по нашему мнению, избыточной концентрацией. Спустя 3,5 ч эмиссия феромона пришла в норму и аттрактивность стала проявляться почти так же, как в варианте с концентрацией 0,1%.

Аттрактивные свойства фарнезола в интервале концентраций 0,001—0,1% были близкими к свойствам цис-неролидола как по абсолютным значениям, так и по характеру кривых. В контроле случайное привлечение самцов не превышало 3% их общей численности и

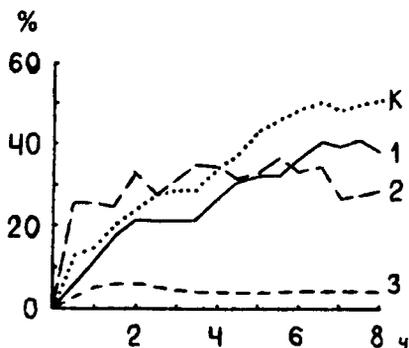


Рис. 3. Аттрактивное (репеллентное) действие феромонов в смеси с акарицидом хлорэтанолом на самцов туркестанского паутинного клеща.

1 — цис-неролидол+хлорэтанол; 2 — фарнезол+хлорэтанол; 3 — хлорэтанол; K — контроль (вода) (см. табл. 1—2).

сохранялось стабильным в течение всего периода наблюдений.

Цис-неролидол и фарнезол, взятые в смеси с акарицидом хлорэтанолом, начали оказывать аттрактивное действие в первые 8 ч (рис. 3). Особенно заметна разница между действием хлорэтанолом и феромонов с хлорэтанолом. Хлорэтанол обладает выраженными репеллентными свойствами, которые, однако, подавляются при добавлении в раствор феромона. По нашему мнению, это наиболее важный вывод из проведенных исследований, так как именно феромон, стимулирующий концентрацию самцов на обработанной акарицидом поверхности, увеличивает время контакта с последним, что и повышает смертность. В связи с этим разница в смертности самцов на аренах, обработанных акарицидом и смесью акарицида с феромоном, во всех вариантах оказалась существенной (табл. 1—2). Наиболее эффективной была смесь хлорэтанолом с цис-неролидолом. Действие фарнезола и стиррупа М было пример-

но одинаковым. Смертность самцов паутинных клещей при совместном применении хлорэтанолом с феромонами превышала 70%.

Воздействие феромона в смеси с акарицидом на природные популяции паутинных клещей, как уже указывалось, может быть связано с изменением нормального (3:1 в пользу самок) соотношения полов. В природных условиях соотношение полов в популяциях паутинных клещей в течение сезона подвержено определенным закономерным изменениям. Преимагинальные стадии и самцы паутинных клещей комплекса *Tetranychus atlanticus-turkestanii* при морозных зимах полностью погибают, весной встречаются только самки. В летний период они также доминируют (в среднем 3:1). Ближе к осени соотношение полов выравнивается, иногда даже преобладают самцы, поскольку молодые самки, реагируя на уменьшение фотопериода, перестают питаться и мигрируют в зимние укрытия.

Если учесть, что примерно до половины самцов может быть дезориентировано синтетическими половыми феромонами и исключено из участия в половом процессе, то доля самок в очередном после элиминации поколении может заметно снизиться и популяция, искусственно ввергнутая в депрессионное состояние, не реализует свою вредоносность.

Выводы

1. На искусственные половые феромоны цис-неролидол и фарнезол в первые 9 ч после их применения реагировало от 43 до 74% самцов паутинных клещей комплекса *Tetranychus atlanticus-turkestanii*.

2. Наибольшей аттрактивностью характеризовался цис-неролидол в кон-

центрациях 0,1—1,0% под. в. При этих концентрациях требовалось наименьшее время для максимального привлечения самцов.

3. Опытные образцы феромонов цис-неролидола и фарнезола, а также коммерческий образец стирруп М, примененные в оптимальных концентрациях в смеси с акарицидом хлорэтанолом, показали эффективное аттрактивное действие, в то время как у акарицида без феромонов проявилось типично репеллентное свойство.

4. Проведенные исследования ориентируют на изучение возможности управления соотношением полов паутиных клещей в течение сезона путем элиминации самцов с помощью акарицидов с добавлением феромонов. Однако проблема слишком сложна, чтобы уже в рамках этой статьи прогнозировать практический успех таких воздействий.

Авторы считают своим долгом поблагодарить Э. Р. Мыттуса (Тартуский государственный университет, Эстония) и А. И. Моисеева (Институт органической химии им. В. П. Зелинского) за любезное содействие в проведении исследований, выразившееся в предоставлении для испытания опытных образ-

цов синтетических половых феромонов паутиных клещей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Митрофанов В. И., Кульман В. Н. Испытание синтетических половых феромонов двух видов паутиных клещей на аттрактивность. — Тез. докл. научн.-произв. конф. «Биологический метод защиты растений», Минск, 18—19 апреля 1990 г. Минск, 1990, с. 277—278. — 2. Митрофанов В. И., Лебедев И. В., Кульман В. Н. Результаты полевого испытания феромона паутиных клещей на груше в качестве аттрактивной добавки к акарицидам. — Тез. докл. научн.-произв. конф. «Биологический метод защиты растений», Минск, 18—19 апреля 1990 г. Минск, 1990, с. 279—281. — 3. Cone W. W., McDonough L. M., Maitlen J. C., Burdajewicz S. — J. Econ. Entomol., 1971, vol. 64, p. 355—358. — 4. Ewing H. E. — Oreg. Agric. Exp. Stn. Bull., 1914, vol. 121, p. 1—95. — 5. Penmand D. R., Cone W. W. — Ann. Entomol. Soc. Am., 1972, vol. 65, p. 1289—1293. — 6. Penman D. R. a. Cone W. W. — Ann. Entomol. Soc. Am., 1974, vol. 67, p. 179—182. — 7. Regev S. a. Cone W. W. — Environm. Entomol., 1975, vol. 4, p. 307—311.

Статья поступила 7 сентября 1993 г.

SUMMARY

Attractive properties of artificial pheromons (cis-nerolidol and farnesol) in spider mites of *Tetranychus atlanticus-turkestani-complex* were studied in comparison with commercial pheromon Stirrup M. During the first 9 hours from 43 to 74% males responded to cis-nerolidol and farnesol. The highest attractive property was shown by cis-nerolidol in concentration 0.1—1.0% (by active substance). Pheromons used in optimum concentrations in a mixture with acaricide chloretanol (keltan) were attractive, whereas a clear acaricide showed a typical repellent property. The study directs attention to investigating the possibilities of sex-management in spider mites by elimination of males with acaricides in pheromon's mixture.