

## ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ РЕЗИСТЕНТНОСТИ К АКАРИЦИДУ Floramite® (БИФЕНАЗАТ) У ОБЫКНОВЕННОГО ПАУТИННОГО КЛЕЩА *Tetranychus urticae* Koch

И.Н. ЯКОВЛЕВА, Ю.И. МЕШКОВ, Н.Н. САЛОБУКИНА,  
В.В. МИХАЙЛОВА, Т.А. БЕРЕЩУК

В настоящее время химический метод борьбы с обыкновенным паутинным клещом *Tetranychus urticae* Koch считается наиболее действенным. Вместе с тем одной из основных проблем защиты растений остается формирование резистентных популяций вредителей к определенным пестицидам при их длительном применении. В защищенном грунте эта проблема усугубляется недостаточным широким ассортиментом инсектоакарицидов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. В результате практически невозможно использовать метод ротации пестицидов, применяемый во всем мире. Еще одной трудноразрешимой проблемой остается ввоз из-за рубежа в тепличные комбинаты на посадочном материале декоративных культур паутинных клещей, резистентных к пестицидам. Мы впервые обосновали возможность использовать новый для России акарицид флорамит КС против популяций обыкновенного паутинного клеща, резистентных к инсектоакарицидам из разных групп. Один из перспективных для применения против паутинных клещей препаратов — новый для России акарицид Floramite® 240 SC (240 г/л, бифеназат) («Chemtura AgroSolutions», США). Целью настоящей работы было изучение скорости развития резистентности у обыкновенного паутинного клеща к препарату Floramite® и перекрестной устойчивости к нему у лабораторных линий клеща, высокорезистентных к применяемым в защищенном грунте инсектоакарицидам. Объектом исследования служили: стандартная лабораторная линия обыкновенного паутинного клеща, никогда не соприкасавшаяся с пестицидами (S-vniif); сублиния, выделенная из нее с целью изучения скорости развития резистентности к Floramite® (S-floramite); линии клеща, отобраные в лаборатории на резистентность к Vertimec® 018 EC (18 г/л, абаментин; R-vertimec), фитоверму КЭ, 2 г/л (аверсектин С; R-fitoverm), Talstar 10 WP (100 г/л, бифентрин; R-talstar), Actellic® 50 EC (500 г/л, пиримифосметил; R-actellik) и битоксиациллин® П, биологическая активность БА 1500 ЕА/мг *Bacillus thuringiensis* var. *thuringiensis* (R-ВТВ), которые поддерживались стабилизирующими обработками. Чувствительную к пестицидам сублинию (R-floramite) подвергли последовательным селекционирующим обработкам Floramite®. Показатели резистентности (ПР<sub>50</sub> и ПР<sub>95</sub>) устанавливали по соотношению смертельных концентраций СК<sub>50</sub>/СК<sub>50</sub> и СК<sub>95</sub>/СК<sub>95</sub> в селекционируемой и чувствительной линиях. Истинной устойчивостью считали 10-кратное (ПР<sub>50</sub> = 10×) и большие значения показателей, значения менее 10-кратных — толерантностью. Опыт по изучению скорости развития резистентности к флорамиту длился 3,5 года. Были проведены 53 обработки на протяжении 120 генераций вредителя. В результате в 113 генерации степень резистентности к Floramite® достигла чрезвычайно высокого значения (ПР<sub>50</sub> 5125), в дальнейшем она достоверно не изменялась (ПР<sub>50</sub> 5160), то есть наблюдалась стабилизация развития резистентности. Обнаружено отсутствие кросс-резистентности к Floramite® у устойчивых к битоксиациллину и Vertimec® лабораторных линий обыкновенного паутинного клеща (ПР<sub>50</sub> соответственно 1,2× и 1,8×). Устойчивые к фитоверму® (аверсектин С), Talstar (бифентрин) и Actellic® (пиримифосметил) линии клеща проявили толерантность к флорамиту (ПР<sub>50</sub> соответственно 2,8×, 2,9× и 3,6×). Учитывая медленное развитие резистентности у *T. urticae* к Floramite® (к большинству известных инсектоакарицидов процесс развития максимальной резистентности проходит за 17-25 генераций) и его потенциальную возможность уничтожать популяции, резистентные к пестицидам разного происхождения, перспективно применение этого нового для России акарицида в защищенном грунте.

**Ключевые слова:** обыкновенный паутинный клещ, *Tetranychus urticae*, Floramite® (флорамит), бифеназат, резистентность, кросс-резистентность, инсектоакарициды, защищенный грунт.

Обыкновенный паутинный клещ *Tetranychus urticae* Koch (*Acari-formes: Tetranychidae*) — один из самых опасных вредителей сельскохозяйственных культур в открытом и защищенном грунте. На протяжении многих десятилетий борьба с ним ведется с помощью пестицидов. Однако способность фитофага исключительно быстро развиваться к ним резистентность создает зачастую непреодолимые трудности в практике защиты растений. Эта проблема затрагивает не только сельскохозяйственное производство, но и другие сферы человеческой деятельности. Вопросы рези-

стенности паутиных клещей освещены широко. Установлено, что они могут развивать устойчивость практически ко всем группам пестицидов, независимо от происхождения (1-6). Комитетом по проблеме резистентности вредных организмов к инсектицидам (Insecticide Resistance Action Committee — IRAC) обыкновенный паутиный клещ включен в список 20 видов артропод, достигших критической резистентности к пестицидам в регионах вредоносности (7). В России резистентность тетраниховых клещей представляет особую опасность в защищенном грунте, где круглогодично создаются благоприятные условия для массовых вспышек численности вредителя. Ситуация усугубляется недостаточно широким ассортиментом инсектоакарицидов, разрешенных к применению на территории страны.

В последние годы значительной проблемой становится практически повсеместно зафиксированная устойчивость обыкновенного паутиного клеща к авермектиновым препаратам, которые более 20 лет непрерывно используются в овощеводческих и цветочеводческих комбинатах. Мониторинг резистентности к абамектину, проведенный нами в 2011-2013 годах, показал, что на овощных культурах показатель резистентности (ПР<sub>50</sub>) обыкновенного паутиного клеща варьировал от 48- до 1300-кратного, на тепличных розах — от 3,7- до экстремально высокого 3300-кратного. Наряду с этим в теплицах неоднократно регистрировали завоза из-за рубежа (на посадочном материале роз) популяций паутиных клещей, резистентных к авермектинам (8, 9). На фоне интенсивных химических обработок устойчивые популяции вредителя быстро восстанавливают и существенно увеличивают численность, что отрицательно сказывается на фитосанитарном состоянии теплиц и приводит к дополнительным экономическим затратам.

Практика показывает, что меры по успешному предупреждению и преодолению резистентности вредителей должны основываться на постоянном усовершенствовании ассортимента пестицидов с учетом современных физиолого-биохимических и генетических представлений об ее формировании (10). Не последняя роль принадлежит изучению популяционной биологии развития резистентности к новым пестицидам. Это дает возможность прогнозировать появление резистентности и своевременно принимать оперативные решения по выбору и рациональному применению препаратов.

Акарициды на основе бифеназата были зарегистрированы в конце прошлого столетия в США и Великобритании. На сегодняшний день во многих странах они позиционируются как эффективные препараты для борьбы с растительноядными клещами на культурах открытого и защищенного грунта (11-14). Важно отметить, что бифеназат, обладая селективностью действия, более токсичен для растительноядных клещей, чем для хищных фитосейид. Следовательно, он может использоваться в сочетании с биологическими средствами борьбы с вредителями (15). В Китае мониторинг полевых популяций обыкновенного паутиного клеща, устойчивых к абамектину, показал, что насекомые сохранили чувствительность к бифеназату (16). Подобные результаты получены при обследовании разных культур в теплицах и в открытом грунте на Кипре, где протестированные популяции клеща проявили чувствительность к бифеназату (17).

Данные литературы о появлении резистентных к бифеназату популяций паутиных клещей немногочисленны. Развитие резистентности к бифеназату в начальной стадии было обнаружено у обыкновенного паутиного клеща на растениях огурца в Иордании (18). В Корее в лабораторных условиях определяли чувствительность к акарицидам у восьми популяций обыкновенного паутиного клеща, собранных на розах в теплице

цах; две из них оказались резистентными к бифеназату (19). Дальнейшая лабораторная селекция одной из этих популяций в течение 4 лет привела к формированию 248,8-кратной резистентности к бифеназату. Выявлена кросс-резистентность самок клеща к аценоквиноцилу и фенпироксимату, а яиц — к амитразу, бензоату эмабектина, фенпироксимату, милбемектину, пиридабену и спиродиклофену. В то же время обнаружено отсутствие кросс-резистентности к бензоату эмабектина и милбемектину у самок и к абамектину — у яиц вредителя (20).

В исследованиях T. van Leeuwen с соавт. (21) искусственная селекция 36 поколений обыкновенного паутиного клеща привела к более чем 164-кратной устойчивости к бифеназату. Бифеназат-резистентная линия не имела кросс-резистентности к другим акарицидам (22). В других исследованиях кросс-резистентность к бифеназату отсутствовала у лабораторных линий обыкновенного паутиного клеща с 580-кратной резистентностью к хлорфенапиру (23). Установлена возможность ингибирования активности бифеназата инсектоакарицидами из классов органофосфатов и карбаматов при их использовании против паутиных клещей (24).

В настоящем сообщении мы впервые обосновали возможность использовать новый для России акарицид Floramite® 240 SC против популяций обыкновенного паутиного клеща, резистентных к инсектоакарицидам из разных групп, применяемым в защищенном грунте. Показано, что резистентность к этому акарициду развивается у клеща крайне медленно, а устойчивость к другим рекомендуемым акарицидам не вызывает кросс-резистентности к флорамайту.

Целью работы было выявление особенностей формирования устойчивости к препарату Floramite® у обыкновенного паутиного клеща.

**Методика.** В работе использовали следующие инсектоакарициды, разрешенные к применению на территории Российской Федерации: вертимек® КЭ, 18 г/л (абамектин) (Vertimec® 018 EC, abamectin, «Syngenta AG», Швейцария); фитоверм® КЭ, 2 г/л, д.в. аверсектин С (ООО НБЦ «Фармбиомед», Россия); талстар® КЭ, 100 г/л, д.в. бифентрин (Talstar 10 WP, bifenthrin, «FMC Chemicals», Бельгия); актеллик® КЭ, 500 г/л, д.в. пиримифосметил (Actellic® 50 EC, pirimiphos-methyl, «Syngenta AG», Швейцария); битоксибациллин® П, БА 1500 ЕА/мг, *Bacillus thuringiensis* var. *thuringiensis* (ООО ПО «Сиббиофарм», Россия).

Эксперименты выполняли на культивируемой в лаборатории стандартной (чувствительной) линии обыкновенного паутиного клеща (*Tetranychus urticae* Koch), никогда не соприкасавшейся с пестицидами (S-vniif); сублинии, выделенной из нее для изучения скорости развития резистентности к флорамайту (S-floramite); линиях клеща, отселектированных в лаборатории на резистентность к Vertimec® (R-vertimec), фитоверму® (R-fito-verm), Talstar (R-talstar), Actellic® (R-actellik) и битоксибациллину® (R-BTB). Линии поддерживали соответствующими стабилизирующими обработками указанными пестицидами и в дальнейшем использовали для изучения кросс-резистентности. Клещей содержали в изолированных застекленных боксах на молодых растениях кустовой фасоли сорта Сакса при температуре  $22\pm 3$  °С, относительной влажности воздуха 55-70 % и световом периоде 18 ч.

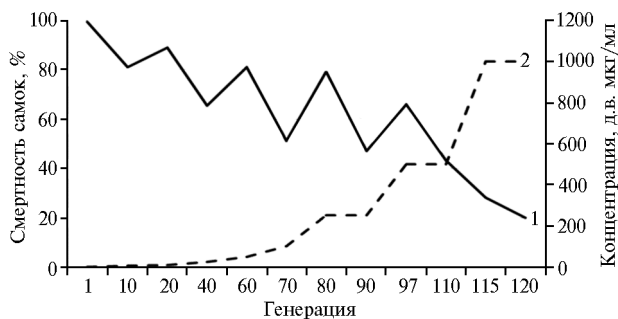
В опытах по изучению развития резистентности к Floramite® 240 SC (флорамайт, 240 г/л, д.в. бифеназат, Floramite® 240 SC, bifenazate, «Chemtura AgroSolutions», США) исходную сублинию клеща (S-floramite) подвергали последовательным селективирующим обработкам препаратом. Заселенные паутиным клещом растения фасоли (примерно 2000 подвиж-

ных особей на 100 листьях) срезали и погружали на 3 с в водный раствор препарата; оставшимся в живых клещам давали возможность переселиться на необработанные растения. Для первоначальной обработки концентрация акарицида 0,0001 % по д.в. (или 1,0 мкг д.в./мл) была подобрана таким образом, чтобы вызвать гибель не менее 85 % особей. При восстановлении численности клещей до условно исходной обработку повторяли. По мере снижения смертности клещей норму препарата при очередной обработке повышали на величину, достаточную для поддержания его высокой эффективности. Воздействием акарицидом подвергали клещей на всех стадиях развития одновременно, результаты учитывали только по самкам. Смертность оценивали после каждой обработки, резистентность самок к Floramite® — через каждые 8-10 генераций. Критерием развития устойчивости служили показатели резистентности (ПР<sub>50</sub> и ПР<sub>95</sub>), устанавливаемые из соотношения СК<sub>50</sub>/СК<sub>50</sub> и СК<sub>95</sub>/СК<sub>95</sub> в селектируемой и родительской (чувствительной) линиях. Истинной устойчивостью считали десятикратное (ПР = 10×) и большее значение этих отношений, толерантностью — показатели менее 10-кратных.

Для определения летальных концентраций препаратов СК<sub>50</sub> и СК<sub>95</sub> при определении скорости развития резистентности и изучении кросс-резистентности растения фасоли, заселенные самками клещей (не менее чем по 100 особей), в фазу 2 настоящих листьев погружали в водные растворы акарицидов 5-7 возрастающих концентраций (от минимальных, вызывающих гибель 5-10 % чувствительных особей, до максимальных, приводящих к гибели 90 % особей и более). Гибель самок учитывали через 24 ч (Actellic®), 72 ч (Vertimec®, фитоверм®, Talstar, Floramite®) и 5 сут (битоксиациллин®) после обработки.

Все опыты проводили в соответствии с методическими указаниями для энтомотоксикологических исследований (25, 26) в 4-кратной повторности. Экспериментальные данные обрабатывали статистически методом пробит-анализа.

**Результаты.** В России препарат Floramite® 240 SC (бифеназат) пока не зарегистрирован, но представляет интерес как перспективный акарицид. Он принадлежит к новой группе химических соединений с иным механизмом действия и может использоваться в системе чередования пестицидов по преодолению резистентности к авермектинам и малоподобен для хищных клещей и полезных насекомых.



Динамика смертности самок обыкновенного паутинного клеща (*Tetranychus urticae* Koch) при обработках препаратом Floramite® 240 SC (240 г/л, бифеназат) в разной концентрации (лабораторный опыт).

Процесс формирования резистентности к Floramite® у обыкновенного паутинного клеща был достаточно длительным. У 20 генераций смертность самок оставалась практически неизменной (81-89 %), хотя за этот период концентрация препарата была дважды увеличена в 5 и 10 раз по сравнению с исходной (рис.).

Ко времени развития 40-й генерации повышение концентрации в 2,5 раза привело к резкому снижению смертности самок (65 %). Далее в процессе отбора наблюдалась та же тенденция в реакции клещей на воздействие препарата. В 60-й генерации в ответ на

повышение концентрации еще в 2 раза последовал подъем (81 %), а затем резкий спад смертности (до 51 %). Изменение темпов уменьшения смертности указывает на начало нового этапа накопления резистентных генотипов. Однако с 97-й генерации смертность самок стала понижаться при неуклонном повышении концентрации Floramite® (норму препарата довели до 0,1 % по д.в., или 1000 мкг д.в./мл). Можно считать этот период началом стабилизации резистентности у вредителя.

Первое заметное изменение среднелетальной концентрации Floramite® было зафиксировано в 13-й генерации — в 5,1 раза (табл. 1). К 31-й генерации устойчивость обрабатываемой линии превышала контроль в 76,4 раза, к 45-й — в 180,6 раза. Такая резистентность держалась достаточно длительное время, вплоть до 70-й генерации; клещи характеризовались почти одинаковой реакцией на широкий набор концентраций Floramite®. Продолжение селекции привело к скачкообразному повышению резистентности (в 5125 раз к 113-й генерации), чрезвычайно высокому для изучаемого препарата. Опыт длился 3,5 года до достижения линией стабильной резистентности провели 53 обработки Floramite®. Отбор осуществляли до 120-й генерации. В завершающей фазе отбора произошла стабилизация процесса развития резистентности, достоверных изменений показателя резистентности не наблюдалось (ПР<sub>50</sub> 5160).

**1. Показатели резистентности к препарату Floramite® 240 SC (240 г/л, бифеназат) у самок обыкновенного паутинного клеща (*Tetranychus urticae* Koch) в процессе отбора (лабораторный опыт)**

| Генерация | Число обработок | СК <sub>50</sub> ,<br>мкг д.в./мл | СК <sub>95</sub> ,<br>мкг д.в./мл | Показатель резистентности |                  |
|-----------|-----------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|------------------|
|           |                 |                                   |                                   | ПР <sub>50</sub>          | ПР <sub>95</sub> |
| Р         | 0               | 0,07<br>(0,07÷0,13)               | 0,57<br>(0,25÷1,34)               | 1                         | 1                |
| 13-я      | 5               | 0,37<br>(0,31÷0,76)               | 2,70<br>(1,99÷3,33)               | 5,1                       | 4,7              |
| 31-я      | 15              | 5,5<br>(3,41÷6,00)                | 32,00<br>(29,00÷36,00)            | 76,4                      | 56,1             |
| 45-я      | 20              | 13,00<br>(12,00÷15,30)            | 440,00<br>(320,00÷600,00)         | 180,6                     | 771,9            |
| 65-я      | 28              | 12,50<br>(11,00÷13,10)            | 260,00<br>(110,00÷420,00)         | 173,6                     | 456,1            |
| 70-я      | 31              | 13,90<br>(12,20÷14,40)            | 490,00<br>(476,00÷503,00)         | 193,1                     | 859,6            |
| 100-я     | 48              | 130,00<br>(110,00÷150,90)         | 2700,00<br>(1300,00÷5600,00)      | 1806                      | 4737             |
| 113-я     | 51              | 369,00<br>(300,00÷452,00)         | 2460,00<br>(1100,00÷5940,00)      | 5125                      | 4316             |
| 120-я     | 53              | 372,00<br>(331,00÷491,00)         | 2808,00<br>(1900,00÷6900,00)      | 5167                      | 4926             |

Примечание. Р — родительская (чувствительная) линия, СК<sub>50</sub> и СК<sub>95</sub> — соответственно смертельные концентрации препарата, вызывающие 50 % и 95 % гибель самок, ПР<sub>50</sub> и ПР<sub>95</sub> — соответственно показатели резистентности, устанавливаемые из соотношения СК<sub>50</sub>/СК<sub>50</sub> и СК<sub>95</sub>/СК<sub>95</sub> в селектируемой и родительской линиях. В скобках указаны доверительные пределы при P = 0,05.

Как правило, при искусственном отборе у паутинных клещей резистентность к большинству известных инсектоакарицидов (фосфорорганических, серосодержащих и др.) возникает достаточно быстро, в среднем за 17-25 генераций (2). Устойчивость к Floramite® формировалась медленно, однако необходимо учитывать то обстоятельство, что, как видно из полученных данных (см. табл. 1), при лабораторном отборе бессменное применение Floramite® было эффективно только до 45-й генераций вредителя (в течение примерно полутора лет). Последующие обработки (вплоть до 70-й генерации) привели к развитию и поддержанию почти 200-кратной устойчивости. Очевидно, что при формировании у популяции такой устойчивости дальнейшее использование препарата малоэффективно. При аппроксимации в условиях тепличного производства развитие аналогич-

ной резистентности при бесменном применении Floramite® может происходить ориентировочно не менее чем за 2-2,5 года. Сходные процессы мы отмечали для авермектиновых препаратов, когда в лабораторных условиях устойчивые линии были получены за 2-3 года, а в промышленных теплицах — в течение 10-15 лет (8, 28, 29).

В производственных условиях вероятно продление полезной жизни препарата. В защищенном грунте при небольшом ассортименте пестицидов, разрешенных к применению против паутиных клещей, преодоление резистентности возможно при комбинировании неродственных препаратов. Однако проявление перекрестной резистентности значительно снижает эффект защитных мероприятий, а иногда делает невозможным использование даже тех пестицидов, с которыми фитофаги никогда не взаимодействовали (2, 3, 30, 31).

В настоящее время проблема эффективной борьбе с паутиными клещами, устойчивыми к инсектоакарицидам, в первую очередь к авермектиновым препаратам, крайне актуальна. Например, Vertimec® (д.в. абамектин) широко использовался и проявлял высокую эффективность длительное время (32, 33), но в дальнейшем не обеспечивал должного защитного действия (9). Этим определяется интерес к оценке чувствительности к Floramite® у резистентных к другим пестицидам лабораторных линий обыкновенного паутинового клеща. В частности, в своем эксперименте мы использовали линии, высокорезистентные к Vertimec® (в 1660 раз), фитоверму® (в 1020 раз), Actellic® (в 2200 раз), Talstar (в 283 раза) и битоксибациллину® (смертность резистентных самок не превышала 5-7 % при обработке сублетальной концентрацией) (табл. 2).

## 2. Чувствительность к препарату Floramite® 240 SC (240 г/л, бифеназат,) у самок обыкновенного паутинового клеща (*Tetranychus urticae* Koch) из линий, резистентных к другим инсектоакарицидам (лабораторный опыт)

| Линия      | СК <sub>50</sub> , мкг д.в./мл | СК <sub>95</sub> , мкг д.в./мл | Показатель резистентности |                  |
|------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------|------------------|
|            |                                |                                | ПР <sub>50</sub>          | ПР <sub>95</sub> |
| S-vniif    | 0,07<br>(0,07÷0,13)            | 0,57<br>(0,25÷1,34)            | 1                         | 1                |
| R-vertimec | 0,13<br>(0,12÷0,15)            | 3,30<br>(1,80÷60,0)            | 1,8                       | 5,8              |
| R-fitoverm | 0,21<br>(0,17÷0,26)            | 3,16<br>(1,30÷7,70)            | 2,9                       | 5,5              |
| R-talstar  | 0,26<br>(0,22÷0,31)            | 6,10<br>(3,27÷10,11)           | 3,6                       | 10,7             |
| R-actellik | 0,20<br>(0,17÷0,24)            | 3,62<br>(1,71÷7,69)            | 2,8                       | 6,4              |
| R-BTB      | 0,08<br>(0,07÷0,09)            | 0,84<br>(0,42÷1,68)            | 1,2                       | 1,5              |

Примечание. Описание линий см. в разделе «Методика». СК<sub>50</sub> и СК<sub>95</sub> — соответственно смертельные концентрации препарата, вызывающие 50 % и 95 % гибель самок, ПР<sub>50</sub> и ПР<sub>95</sub> — соответственно показатели резистентности, устанавливаемые из соотношения СК<sub>50</sub>/СК<sub>50</sub> и СК<sub>95</sub>/СК<sub>95</sub> в селективируемой и родительской (чувствительной) линиях клещей. В скобках указаны доверительные пределы при P = 0,05.

Мы установили отсутствие кросс-резистентности к Floramite® у устойчивых к битоксибациллину и Vertimec® линий обыкновенного паутинового клеща (показатели резистентности соответственно 1,2× и 1,8×). В резистентных к фитоверму®, Talstar и Actellic® линиях была выявлена 2,8-3,6-кратная толерантность к флорамайту. Полученные в наших исследованиях результаты по Vertimec® и Actellic® согласуются с данными литературы. Например, в исследованиях Y.S. Lee с соавт. (19) устойчивые к абамектину (3822-кратно) и к пиримифосметилу (повышение до 77-кратного) популяции обыкновенного паутинового клеща проявили чувствительность к бифеназату. Есть сообщения об отсутствии кросс-резистентности к бифеназату у высокоустойчивой к абамектину (повышение в 1294 раза) линии

*T. urticae* (27).

Таким образом, при лабораторной селекции обыкновенного паутинного клеща чувствительной сублинии (S-Floramite) на устойчивость к препарату Floramite® 240 SC резистентность развивается крайне медленно (PP<sub>50</sub> более 5000 за время развития 120 генераций). У линий клеща, устойчивых к битоксибацилину® и Vertimec®, не выявлено кросс-резистентности к Floramite®. Клещи из линий, устойчивых к фитоверму®, Talstar 10 WP и Actellic®, проявили толерантность к Floramite®. Эти результаты свидетельствуют, что Floramite® 240 SC (флорамайт КС, 240 г/л, бифеназат) при условии его регистрации на территории Российской Федерации можно эффективно использовать против обыкновенного паутинного клеща, в том числе против его популяций, резистентных к инсектоакарицидам.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Cranham J.E., Helle W. Pesticide resistance in Tetranychidae. In: *Spider mites: their biology, natural enemies and control* /W. Helle, M.W. Sabelis (eds.). Netherlands, Amsterdam, Elsevier, 1985: 405-421.
2. Зильберминц И.В. Обыкновенный паутинный клещ, тли: диапазон и динамика развития резистентности к пестицидам. В кн.: *Резистентность вредителей сельскохозяйственных культур и ее преодоление*. М., 1991: 65-87.
3. Ramasubramanian T., Ramaraju K., Regupathy A. Acaricide resistance in *Tetranychus urticae* Koch (*Acar: Tetranychidae*) — global scenario. *Journal of Entomology*, 2005, 2(1): 33-39 (doi: 10.3923/je.2005.33.39).
4. Яковлева И.Н., Мешков Ю.И., Салобукина Н.Н., Горбань Т.Н. Развитие резистентности обыкновенного паутинного клеща *Tetranychus urticae* (*Acariformes: Tetranychidae*) к битоксибацилину. *Мат. III Всероссийского съезда по защите растений «Фитосанитарная оптимизация агроэкосистем»*. СПб, 2013, том III: 54-57.
5. Khalighi M., Tirry L., Van Leeuwen T. Cross-resistance risk of the novel complex II inhibitors cyenopyrafen and cyflumetofen in resistant strains of the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae*. *Pest Manag. Sci.*, 2014, 70(3): 365-368 (doi: 10.1002/ps.3641).
6. Stocco R.S.M., Sato M.E., Santos T.L. Stability and fitness costs associated with etoxazole resistance in *Tetranychus urticae* (*Acar: Tetranychidae*). *Exp. Appl. Acarol.*, 2016, 69(4): 413-425 (doi: 10.1007/s10493-016-0054-1).
7. Team 2015/16. *50<sup>th</sup> IRAC International Meeting*. Dublin, April 5-8th, 2016. Режим доступа: <http://www.irac-online.org/documents/resistance-database-team-update-2016/?ext=pdf>. Без даты.
8. Мешков Ю.И., Яковлева И.Н. Формирование резистентности паутинных клещей к авермектину. *Теплицы России*, 2009, 3: 33-37.
9. Мешков Ю.И., Яковлева И.Н., Салобукина Н.Н., Горбань Т.Н. Мониторинг резистентности к инсектоакарицидам паутинных клещей сем. *Tetranychidae* в защищенном грунте РФ и возможные пути ее преодоления. *Мат. III Всероссийского съезда по защите растений «Фитосанитарная оптимизация агроэкосистем»*. СПб, 2013, том III: 36-41.
10. Сухорученко Г.И. Мониторинг, стратегия и тактика борьбы с резистентностью к пестицидам в странах СНГ (итоги исследований за 90-е годы). *Мат. 9-го совещания «Современное состояние проблемы резистентности вредителей, возбудителей болезней и сорняков к пестицидам в России и сопредельных странах на рубеже XXI века»*. СПб, 2000: 9-11.
11. James G.J. Selectivity of the acaricide, bifenazate, andaphicide, pymetrozine, to spider mite predators in Washington hops. *Int. J. Acarol.*, 2002, 28: 175-179.
12. Van Leeuwen T., Van Pottelberge S., Tirry L. Comparative acaricide susceptibility and detoxifying enzyme activities in field-collected resistant and susceptible strains of *Tetranychus urticae*. *Pest Manag. Sci.*, 2005, 61(5): 499-507 (doi: 10.1002/ps.1001).
13. Price J.F., Nagle C.A. Response of twospotted spider mite populations to programs of abamectin, bifenazate, hexythiazox, spiromesifen, and essential oil of *Chenopodium ambrosioides* miticides in Florida strawberry crops. *Acta Hortic.*, 2009, 842: 331-334 (doi: 10.17660/ActaHortic.2009.842.61).
14. Vostřel J. Bifenazate. A prospective acaricide for spider mite (*Tetranychus urticae* Koch). Control in Czech Hops. *Plant Protect. Sci.*, 2010, 46(3): 135-138.
15. Ochiai N., Mizuno M., Miyake N.T., Dekeyser M., Canlas L.J., Takeda M. Toxicity of bifenazate and its principal active metabolite, diazene, to *Tetranychus urticae* and *Panonychus citri* and their relative toxicity to the predaceous mites, *Phytoseiulus persimilis* and *Neoseiulus californicus*. *Exp. Appl. Acarol.*, 2007, 43(3): 181-197 (doi: 10.1007/s10493-007-9115-9).

16. Tang X.-f., Zhang Y.-j., Wu Q.-j., Xie W., Wang S. Stage-specific expression of resistance to different acaricides in four field populations of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Journal of Economic Entomology*, 2014, 107(5): 1900-1907 (doi: 10.1603/EC14064).
17. Vassiliou V.A., Kitsis P. Acaricide resistance in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) populations from Cyprus. *J. Econ. Entomol.*, 2013, 106(4): 1848-1854 (doi: 10.1603/EC12369).
18. Al-Antary T.M., Al-Lala M.R.K., Abdel-Wali M.I. Residual effect of six acaricides on the two spotted spider mite (*Tetranychus urticae* Koch) females on cucumber under plastic houses conditions in three upper lands regions in Jordan. *Advances in Environmental Biology*, 2012, 6(11): 2992-2997.
19. Lee Y.-S., Song M.-H., Ahn K.-S., Lee K.-Y., Kim J.-W., Kim G.-H. Monitoring of acaricide resistance in two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae*) populations from rose greenhouses in Korea. *J. Asia-Pac. Entomol.*, 2003, 6(1): 91-96 (doi: 10.16/S1226-8615(08)60173-9).
20. Yu J.-S., Seo D.-K., Kim E.-H., Han J.-B., Ahn K.-S., Kim G.-H. Inheritance and cross resistance of bifenthrin resistance in twospotted spider mite, *Tetranychus urticae*. *Korean Journal of Applied Entomology*, 2005, 44(2): 151-156.
21. Van Leeuwen T., Tirry L., Nauen R. Complete maternal inheritance of bifenthrin resistance in *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) and its implications in mode of action considerations. *Insect Biochem. Molec.*, 2006, 36(11): 869-877 (doi: 10.1016/j.ibmb.2006.08.005).
22. Van Leeuwen T., Stillatus V., Tirry L. Genetic analysis and cross-resistance spectrum of a laboratory-selected chlorfenapyr resistant strain of two-spotted spider mite (Acari: Tetranychidae). *Exp. Appl. Acarol.*, 2004, 32(4): 249-261 (doi: 10.1023/B:APPA.0000023240.01937.6d).
23. Van Leeuwen T., Van Pottelberge S., Nauen R., Tirry L. Organophosphate insecticides and acaricides antagonise bifenthrin toxicity through esterase inhibition in *Tetranychus urticae*. *Pest Manag. Sci.*, 2007, 63(12): 1172-1177 (doi: 10.1002/ps.1453).
24. Van Nieuwenhuysse P., Van Leeuwen T., Khajehali J., Vanholme B., Tirry L. Mutations in the mitochondrial cytochrome b of *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) confer cross-resistance between bifenthrin and acequinocyl. *Pest Manag. Sci.*, 2009, 65(4): 404-412 (doi: 10.1002/ps.1705).
25. *Определение резистентности вредителей сельскохозяйственных культур и зоофагов к пестицидам. Метод. указ. М.*, 1990: 1-79.
26. *Мониторинг резистентности к пестицидам в популяциях вредных членистоногих. Метод. указ. СПб*, 2004: 1-129.
27. Tirello P., Pozzebon A., Cassanelli S., Van Leeuwen T., Duso C. Resistance to acaricides in Italian strains of *Tetranychus urticae*: toxicological and enzymatic assays. *Exp. Appl. Acarol.*, 2012, 57(1): 53-64 (doi: 10.1007/s10493-012-9536-y).
28. Yakovleva I.N., Meshkov Y.I., Kupriyanov M.A. Resistance to avermectin preparations of spider mites in the protected ground of the Russian Federation and ways to overcome it. In: *50 years on guard of the food safety of the country. Jubilee collection of works, Institute of Phytopathology RAAS. B. Vyazemy*, 2008: 531-541.
29. Meshkov Y.I., Yakovleva I.N., Glinushkin A.P., Kruglyak E.B., Drinyaev V.A. Comparative aspects of the formation of resistant populations of the twospotted spider mite *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) to two groups of avermectin preparations. *Int. J. Pharm. Res. Allied Sci.*, 2017, 6(4): 116-122.
30. Sato M.E., da Silva M.Z., Raga A., de Souza Filho M.F. Abamectin resistance in *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae): selection, cross-resistance and stability of resistance. *Neotrop. Entomol.*, 2005, 34 (6): 991-998.
31. Nicastro R.L., Sato M.E., Da Silva M.Z. Milbemectin resistance in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae): selection, stability and cross-resistance to abamectin. *Exp. Appl. Acarol.*, 2010, 50(3): 231-241.
32. Lasota J.A., Dybas R.A. Avermectins, a novel class of compound: implications for use in arthropod pest control. *Annu. Rev. Entomol.*, 1991, 36: 91-117 (doi: 10.1146/annurev.en.36.010191.000515).
33. Campos F., Krupa D.A., Dybas R.A. Susceptibility of population of two-spotted spider mites (Acari: Tetranychidae) from Florida, Holland, and the Canary Islands to abamectin and characterization of abamectin resistance. *J. Econ. Entomol.*, 1996, 89(3): 594-601 (doi: 10.1093/jee/89.3.594).

ФГБНУ Всероссийский НИИ фитопатологии,  
143050 Россия, Московская обл., Одинцовский р-н,  
пос. Большие Вяземы, ул. Институт, вл. 5,  
e-mail: innayakovleva@mail.ru ✉, yimeshkov@rambler.ru, Nsalobuki-  
na7liza0904@mail.ru, abramova1984@mail.ru

Поступила в редакцию  
15 мая 2016 года

*Sel'skokhozyaystvennaya biologiya [Agricultural Biology]*, 2018, V. 53, № 5, pp. 1045-1053

## SPECIFIC FEATURES OF DEVELOPMENT OF SPIDER MITE



# *Tetranychus urticae* Koch RESISTANCE TO ACARICIDE FLORAMITE® (BIFENAZATE)

I.N. Yakovleva, Yu.I. Meshkov, N.N. Salobukina, V.V. Mikhailova, T.A. Bereshchuk

All-Russian Research Institute of Phytopathology, Federal Agency for Scientific Organizations, 5, ul. Institute, pos. Bol'shie Vyazemy, Odintsovskii Region, Moscow Province, 143050 Russia, e-mail innayakovleva@mail.ru (✉ corresponding author), yimeshkov@rambler.ru, Nsalobukina7liza0904@mail.ru, abramova1984@mail.ru

ORCID:

Yakovleva I.N. orcid.org/0000-0003-4712-2315

Meshkov Yu.I. orcid.org/0000-0001-5034-2533

The authors declare no conflict of interests

Received May 15, 2016

doi: 10.15389/agrobiology.2018.5.1045eng

## Abstract

Currently, chemical method is deemed the most effective for plant protection against two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* Koch. However, pest resistance when using chemicals for a long time remains among the main challenges. Rather short list of insectoacaricides approved for greenhouse farming in Russia aggravates the problem, since effectiveness of pest resistance control via rotation of pesticides decreases. One more thing is imported propagating material of ornamental crops infested by spider mites resistant to commonly used pesticides. Bifenazate is being successfully applied in different countries for phytophagous mite control. This work is the first rationale for the use of a novel acaricide Floramite® (bifenazate, 240 g/l) against spider mites in Russia. Our objective was to estimate the rate of Floramite®-resistance formation and cross-resistance to most used insectoacaricides in laboratory spider mite lines which are highly resistant to commonly used insectoacaricides. These lines were S-vniif (no contact to pesticides), S-floramite (derived from S-vniif to study resistance to Floramite® in the course of selection), R-vertimec (resistant to abamectin, R-fitoverm (resistant to aversectin C), R-talstar (resistant to bifentrin), R-actellik (resistant to pirimiphos methyl), and R-BTB (resistant to bitoxibacilline biologicals based on *Bacillus thuringiensis* var. *thuringiensis*). The resistance ratios (RR<sub>50</sub> and RR<sub>95</sub>) were calculated from the ratio of average lethal concentrations of LC<sub>50</sub>/LC<sub>50</sub> and LC<sub>95</sub>/LC<sub>95</sub> for the selected line and susceptible parental line. The ratio of 10-fold (RR<sub>50</sub> = 10×) and higher values stand for true resistance, those less than 10-fold value stand for tolerant. We studied formation of Floramite® resistance for 3.5 years. As per our findings, the mites show more than 5000-fold resistance to Floramite® after 53 treatments with this acaricide during 120 generations (for the majority of the most known insectoacaricides maximum resistance appears during 17-25 generations). No cross-resistance to floramite is detected in the lab lines of mites resistant to bitoxybacillin (*B. thuringiensis*) and Vertimec® (abamectin), with 1.2-1.8-fold RR<sub>50</sub>, respectively. The mite lines resistant to fitoverm, Vertimec® and Actellik® show tolerance to Floramite® at RR<sub>50</sub> of 2.8×, 2.9× and 3.6×, respectively. Thus, due to slow growth of *T. urticae* resistance to Floramite® and its potential in eradication of mite populations resistant to different pesticides, Floramite® should be approved in domestic protocols for greenhouse farming.

Keywords: two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae*, Floramite®, bifenazate, resistance, cross-resistance, insectoacaricides, greenhouses.

## Научные собрания

**ВСЕРОССИЙСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ  
«МИКОЛОГИЯ И АЛЬГОЛОГИЯ В РОССИИ. XX–XXI ВЕК: СМЕНА ПАРАДИГМ»,**  
посвященная 100-летию кафедры микологии и альгологии, 110-летию со дня рождения  
М.В. Горленко и памяти Ю.Т. Дьякова

(17-19 ноября 2018 года, Биологический факультет  
Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова)

Рабочие секции конференции:

- морфология, цитология и генетика водорослей и их значение для систематики и филогении
- эколого-географические исследования макромицетов
- эколого-географические исследования микромицетов, лишайников и миксомицетов
- грибы в антропогенной среде
- эколого-географические и флористические исследования водорослей
- прикладные исследования водорослей. палеонтология
- грибы-паразиты растений
- биотехнология, биохимия, цитология и генетика грибов
- прикладные исследования водорослей
- биотехнология

Информация: [http://mycol-algol.ru/events\\_100let.html](http://mycol-algol.ru/events_100let.html)