

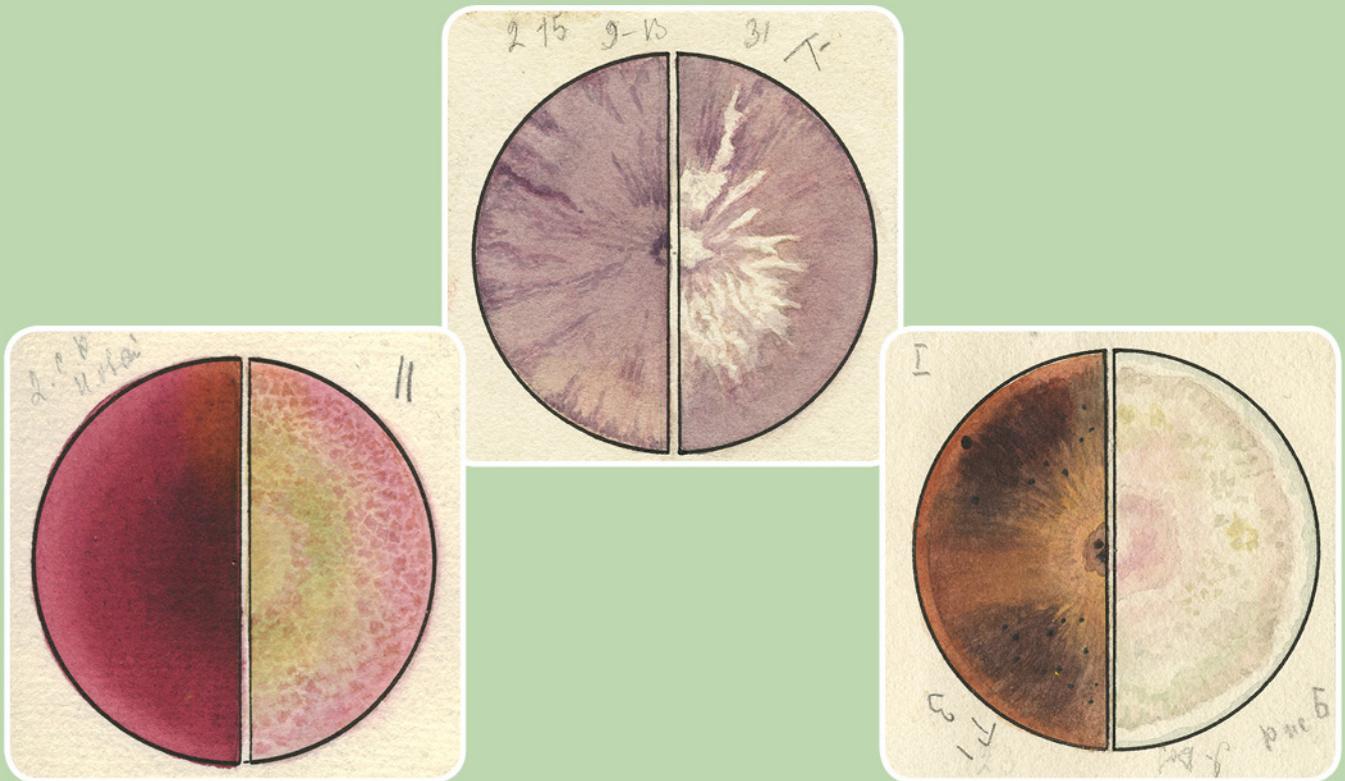


ISSN 1727-1320 (Print),
ISSN 2308-6459 (Online)

ВЕСТНИК ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

PLANT PROTECTION NEWS

2025 TOM VOLUME 108 ВЫПУСК ISSUE 2



Санкт-Петербург
St. Petersburg, Russia

ПЕРСПЕКТИВЫ СОТРУДНИЧЕСТВА РОССИИ И КИТАЯ В ОБЛАСТИ ИЗУЧЕНИЯ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ПРИРОДЫ РЕЗИСТЕНТНОСТИ ЧЛЕНИСТОНОГИХ ВРЕДИТЕЛЕЙ К ПЕСТИЦИДАМ

Е.С. Окулова¹, Д.А. Емельянов¹, И. Хэ¹, С. Цзян², Т.В. Матвеева^{1*}

¹Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Санкт-Петербург

²Институт защиты растений Китайской академии сельскохозяйственных наук, Пекин, Китай

*ответственный за переписку, e-mail: radishlet@gmail.com

Представленный мини-обзор посвящен перспективам и ключевым направлениям сотрудничества России и Китая в области изучения молекулярной природы резистентности клещей и насекомых-вредителей к пестицидам. В работе представлена информация о наиболее вредоносных видах, распространенных в России и Китае, их ареалах, а также о молекулярно-генетических подходах к исследованию природы резистентности. Эти подходы включают в себя изучение полиморфизма генов мишеней действия препаратов, а также изучение экспрессии генов, отвечающих за детоксикацию пестицидов. Данные исследования для мониторинга распространения резистентности к пестицидам в популяциях насекомых и клещей и грамотного подбора стратегий контроля численности членистоногих вредителей в обеих странах. Помимо научных направлений сотрудничества важной задачей является совместная подготовка научно-педагогических кадров для данной отрасли сельскохозяйственных наук. Совместные усилия двух стран, реализованные через совместные исследования, обмен опытом и разработку новых технологий, могут привести к более эффективному использованию пестицидов, снижению затрат на их применение и повышению урожайности, что в свою очередь будет способствовать экономическому росту.

Ключевые слова: членистоногие-вредители, резистентность, акарициды, инсектициды

Поступила в редакцию: 22.04.2025

Принята к печати: 15.07.2025

Несмотря на успехи генной инженерии и традиционной селекции по созданию форм растений, устойчивых к вредителям, а также разнообразные методы биологической и микробиологической защиты растений, в современном сельском хозяйстве пестициды занимают важное место в контроле численности членистоногих вредителей для увеличения продуктивности растений, защиты урожая, контроля распространения заболеваний, переносимых вредителями. Часто применение пестицидов может быть более экономически выгодным по сравнению с другими методами борьбы с вредителями (Van Leeuwen et al., 2015; Sparks, Lorsbach, 2017; Сухорученко и др., 2024). Вместе с тем, в сельском хозяйстве существует серьезная проблема возникновения у насекомых и клещей резистентности к инсектицидам и акарицидам (Whalon et al., 2008; Venkatesan et al., 2022; De Rouck et al., 2023). Резистентность часто развивается из-за чрезмерного нецелевого использования препаратов, их неправильного применения (недостаточные дозы или нерегулярное применение), отсутствия ротации различных классов инсектицидов/акарицидов. Применение препаратов, к которым у популяции вредителей развилась устойчивость приводит к уменьшению эффективности контроля вредителей, к снижению урожайности. Поэтому мониторинг популяций вредителей и их чувствительности к инсектицидам играет решающую роль при научно-обоснованном выборе препаратов и их ротации (Whalon et al., 2008; Bass, Nauen, 2023; Сухорученко и др., 2024).

Сотрудничество России и Китая в области изучения резистентности к пестицидам у членистоногих вредителей

сельского хозяйства имеет значительные перспективы, учитывая важность этой проблемы для обеспечения продовольственной безопасности и устойчивого развития аграрного сектора. Страны имеют протяженную сухопутную границу, поэтому ареалы многих вредителей захватывают обе страны (<https://agroAtlas.ru>). Перечень наиболее вредоносных видов и представлен в таблице 1.

Для мониторинга резистентности важное значение имеет ДНК-диагностика. Она включает в себя выявление изменений структуры и функций генов, связанных с детоксикацией инсектицидов/акарицидов, или потерей чувствительности к ним со стороны мишеней действия препаратов (Van Leeuwen et al., 2009, 2020). Например, было показано, что точковые мутации, приводящие к заменам аминокислот в гене натрий-калиевого насоса, вызывают резистентность к пиретроидам (широко используемым как в Китае, так и в России) у клещей и нескольких десятков видов насекомых из различных семейств, причем некоторые замены совпадают у резистентных особей видов, относящихся к разным семействам (Dong et al., 2014). Устойчивость к бифеназату придают мутации в гене цитохрома b, устойчивость к фосфорорганическим соединениям, применяемым повсеместно, обусловлена мутациями в гене ацетилхолинэстеразы, глутамат-управляемые хлоридные каналы являются мишенями разрешенных к применению в России и Китае авермектинов, а мутации в их генах приводят к резистентности к этим препаратам (De Rouck et al., 2023). Таким образом, для разработки молекулярных диагностик с целью выявления аллелей генов, приводящих к потере чувствительности к

препарату, требуется информация о нуклеотидных заменах, приводящих на уровне белка к конформационным изменениям и уменьшению сродства к препарату (Ilias et al., 2017; Mavridis et al., 2022). Детоксикация обычно связана с повышенной активностью ферментов, которые переводят пестициды в безопасную для организма форму до того, как они достигнут своих мишеней. Этот механизм обусловлен дифференциальной экспрессией генов детоксикации, которая может быть результатом изменений в регуляторных элементах (цис- или трансрегуляция) или дубликации генов (De Rouck et al., 2023). Ферменты цитохрома P450 (CYP) являются наиболее широко изученными ферментами детоксикации у различных видов, включая насекомых и клещей. Большинство из них относятся к семейству CYP392. Например, у *T. urticae* фермент P450 CYP392A11 способен метаболизировать бифеназат посредством гидроксилирования его кольцевой структуры (Lu et al., 2023). Эта ферментативная модификация значительно снижает токсичность бифеназата, тем самым способствуя развитию резистентности. Таким образом, для диагностики детоксикации пестицидов требуется знание вовлеченных в этот процесс ферментов, умение оценивать уровень экспрессии их генов (Dong et al., 2014; De Rouck et al., 2023).

В многочисленных исследованиях было показано, что аллели резистентности имеют неравномерное географическое распространение: их паттерн может сильно различаться в разных странах (De Rouck et al., 2023). Например, у обыкновенного паутиного клеща на сегодня известно только две мутации в гене цитохрома b, приводящие к резистентности к бифеназату и распространенные в Европе, Азии, Австралии, в то время как большинство мутаций встречаются локально (Van Leeuwen et al., 2008, 2020; Ilias et al., 2017; Fotoukchiaii et al., 2020). У этого же объекта аллели гена натрий-калиевого насоса (мишень пиретроидов), описанные в Северной Америке не встречаются в других частях света, в свою очередь европейские и азиатские аллели отсутствуют в Америке (Van Leeuwen et al., 2020). У капустной моли описано шесть мутаций, приводящих к устойчивости к пиретроидам. При этом в Азии встречаются все шесть SNP (Single Nucleotide Polymorphisms), а в Австралии только три из них (Shen et al., 2023; Liu et al., 2024; Kwon et al., 2004; Endersby et al., 2011; Sonoda et al., 2010).

Следовательно, изучение молекулярно-генетической природы резистентности с целью создания диагностических систем для мониторинга популяций насекомых вредителей на территории России и Китая является крайне актуальной задачей. Особо остро проблема стоит в отношении трансграничных мигрирующих видов, таких как совка восточная луговая (*Mythimna separata*), капустная моль (*Plutella xylostella*), и колорадский жук (*Leptinotarsa decemlineata*) (<https://agroAtlas.ru/ru>).

Для изучения полиморфизма генов – мишеней действия пестицидов необходимо объединить усилия двух стран в развитии эффективных и производительных методов анализа большого количества образцов.

Китайскими коллегами проведена серия исследований механизмов резистентности к пестицидам у *T. urticae*, *F. occidentalis*, *P. xylostella*, *Leptinotarsa decemlineata*. Реализованные ими подходы были основаны на методах

секвенирования по Сэнджеру и NGS (Guo et al., 2014; Zhang et al., 2013, 2021; Xu et al., 2021; Shi et al., 2023). Российскими учеными описана мутация, приводящая к резистентности паутиного клеща к бифентрину и абамектину (Mitina et al., 2021), а также описана динамика изменения частот аллелей резистентности к пиретроидам и фосфорорганическим соединениям у колорадского жука (Беньковская и др., 2008; Syrtlanova, Kitaev, 2015). Привлечение методик геномного секвенирования образцов из разных популяций открывает новые возможности исследований (Van Leeuwen et al., 2013). Целевые библиотеки, полученные из полных препаратов ДНК популяций членистоногих, гетерогенны в отношении изучаемых аллелей. Глубокое секвенирование этих библиотек с последующим биоинформатическим и статистическим анализом позволяет определить соотношения аллелей в библиотеках ДНК и, следовательно, частоты аллелей в популяциях (Van Leeuwen et al., 2013). Имея картину возможных целевых SNP, представляется перспективной разработка диагностикумов на основе ПЦР в реальном времени для генотипирования популяций вредителей. Диагностические системы на основе KASP-анализа (Kompetitive Allele Specific PCR) позволили выявить частоты аллелей резистентности к различным препаратам в китайских популяциях *T. urticae*, *F. occidentalis*, *P. xylostella* (Mavridis et al., 2022; Sun et al., 2022; Shen et al., 2023a,b). Создание панелей для высокопроизводительной ПЦР (типа Fluidigm Biomark) позволяет оптимизировать анализ по времени и затратам реактивов (Oshiki et al. 2018).

В дополнение к описанным выше методам для изучения структуры популяций и филогеографических исследований перспективно использовать микросателлитные молекулярные маркеры, поскольку они равномерно распределены по геному, вариабельны, не требуют больших финансовых вложений по сравнению с секвенированием геномов, легки в использовании, информативны, не требуют больших количеств биоматериала для анализа (Milner et al. 2013). Анализ распространения аллелей и их частот может дать информацию о генетической близости популяций и путях миграций (Esselink et al., 2006). Такие подходы обеспечили оценку генетического родства и происхождения различных популяций колорадского жука, обитающих на территории США (Izzo et al., 2018), а также позволили разделить турецкие популяции вредителя на три инвазивные группы (Özkan Koca ye al., 2022). Микросателлитные маркеры также использовались для описания структуры популяций и их филогенетические связи у капустной моли в Австралии (Endersby et al., 2006) и Тайване (Ke et al., 2015).

Таким образом можно получить относительно полную картину частот аллелей резистентности к различным препаратам в популяциях, а также прогнозировать возможные пути распространения резистентных форм. Это позволит выбрать оптимальные комбинации препаратов для контроля численности вредителей. Россия и Китай могут обмениваться данными о распространении резистентных популяций, а также методами их мониторинга и контроля. Это может включать разработку новых пестицидов и альтернативных методов борьбы с вредителями.

Создание совместных лабораторий и продолжительное сотрудничество в рамках совместных грантов научных

фондов обоих государств может способствовать более глубокому изучению проблемы резистентности и разработке эффективных стратегий управления численностью вредителей.

Сотрудничество в области образования и подготовки специалистов в области агрономии, фитопатологии и экологии (Тихонович и др., 2020) может повысить уровень знаний и навыков в обеих странах.

Совместные усилия двух стран, реализованные через совместные исследования, обмен опытом и разработку новых технологий, могут привести к более эффективному использованию пестицидов, снижению затрат на их применение и повышению урожайности, что в свою очередь будет способствовать экономическому росту.

Таблица 1. Наиболее вредоносные виды членистоногих, встречающиеся в России и Китае

Вредитель	Поражаемые культуры	Ареал распространения в России	Ареал распространения в КНР	Статистика IRAC (сколько случаев резистентности выявлено)*	Источники
1	2	3	4	5	6
Отряд Acarina (Клещи)					
<i>Tetranychus urticae</i> Koch Обыкновенный паутинный клещ	Полифаг, поражает свыше 1100 видов растений: овощи (томаты, огурцы и др.), плодовые деревья, ягодники, технические культуры и декоративные растения. Является полифагом, поражающим более 111 видов растений, включая миндаль, грушу, виноград, пальмы, декоративные и вечнозелёные кустарники. Однако предпочтение отдаёт цитрусовым культурам, таким как лимон, грейпфрут, апельсин и мандарин.	Встречается во всех регионах России (в закрытом грунте); один из наиболее распространённых вредителей тепличных хозяйств.	Широко распространён по всей территории Китая на различных культурах. Встречается как в открытом грунте южных провинций, так и в теплицах по всей стране.	558	Сухорученко и др., 2024; Migeon et al., 2010; CABI Digital Library (2021a)
<i>Panonychus citri</i> Mc. Gr. Красный цитрусовый клещ	Является полифагом, поражающим более 111 видов растений, включая миндаль, грушу, виноград, пальмы, декоративные и вечнозелёные кустарники. Однако предпочтение отдаёт цитрусовым культурам, таким как лимон, грейпфрут, апельсин и мандарин.	Распространён в южных регионах (Краснодарский край).	Широко представлен в основных цитрусовых регионах Китая, распространился с юга Китая на север.	106	Сухорученко и др., 2024; Demard, Qureshi, 2022; Hu et al., 2022; Shao et al., 2025
Отряд Orthoptera (Прямокрылые)					
<i>Locusta migratoria</i> L. Азиатская перелётная саранча	Полифаг, повреждает злаки, бобовые, овощные, бахчевые, технические культуры, плодовые и лесные саженцы, а также сенокосы и пастбища.	Широко распространена в южных регионах России, включая Центральную часть, Кавказ, юг Сибири, Приморский край, Курильские острова.	Широко распространена: регулярно отмечается в 17 провинциях Китая.	1	Ovsyannikova, Grichanov, 2008a; Zhang, Hunter, 2017
Отряд Hemiptera (Членистохоботные)					
<i>Myzus persicae</i> Sulz. Персиковая тля	Первичный хозяин – персик. Число видов вторичных хозяев достигает 400. Вызывая потери важных агропромышленных культур (включая картофель, сахарную свеклу и табак), садовых культур (включая растения семейств Brassicaceae, Solanaceae и Cucurbitaceae) и косточковых (персика, абрикоса и вишни).	Широко распространена на всей территории, особенно в районах с развитым овощеводством и плодоводством; обычна в умеренных и южных зонах.	Повсеместно встречается в большинстве аграрных регионов страны; особенно многочисленна в северных и центральных провинциях с широким выращиванием персика, овощей и технических культур.	522	Григоровская, Зайцева, 2021b; Li et al., 2016; CABI Digital Library, 2021b

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6
<i>Aphis gossypii</i> Glov. Бахчевая тля	Вид является широким полифагом. Повреждает культурные и сорные растения семейств розоцветных, маревых, мальвовых, крестоцветных, тыквенных, пасленовых, сложноцветных и др. Наибольшая вредоносность наблюдается на хлопчатнике.	Распространена на территории России до 54° северной широты. Она встречается в Западной Сибири и наносит вред в степной зоне Украины, на Северном Кавказе, в Средней Азии, Казахстане, Закавказье, а также в Среднем и Нижнем Поволжье.	Широко распространена по всей территории Китая; особенно многочисленна в северных и северо-восточных регионах, включая провинции Хэбэй, Ляонин, Хэнань, где выращиваются хлопчатник, бахчевые и овощные культуры.	438	Berim, 2008; Luo et al., 2016; Cocuzza, 2022
<i>Trialeurodes vaporariorum</i> Westw. Тепличная белокрылка	Полифаг, поражающий более 250 видов растений, преимущественно овощные культуры (огурец, томат, перец, баклажан), а также декоративные и цветочные растения в защищённом грунте. Повреждения вызывают угнетение роста растений, снижение урожайности и перенос вирусных заболеваний.	Повсеместно в тепличных хозяйствах, особенно широко распространена в Центральном, Северо-Западном и Южном федеральных округах России. Встречается в защищённом грунте и является одним из основных вредителей тепличного овощеводства.	Широко распространена в тепличных комплексах и открытом грунте преимущественно южных, восточных и центральных регионов страны. Высокая численность отмечается в провинциях Шаньдун, Цзянсу, Чжэцзян, Гуандун, Фуцзянь и других овощеводческих регионах Китая.	146	Сухорученко и др., 2024; Erdogan et al., 2021; Eppo Global Database, 2024
<i>Bemisia tabaci</i> Genn. Табачная белокрылка	Полифаг, все биотипы которого поражают до 600 видов, наибольший вред наносятся посадкам маниоки, хлопка, батата, табака и томата.	Отмечено проникновение этого вредителя в тепличные хозяйства. Биотип С этого вредителя присутствует в Крыму и в южных регионах Российской Федерации	Вредитель распространён повсеместно, особенно в южных и восточных регионах (Гуандун, Фуцзянь, Цзянсу, Чжэцзян).	934	Волков, 2006; Shun-xiang et al., 2001; Cuthbertson, 2022; EPPO Datasheet: <i>Bemisia tabaci</i> , 2023
Отряд Lepidoptera (Чешуекрылые)					
<i>Helicoverpa armigera</i> Hbn. Хлопковая совка	Питается 300 видами растений, с том числе коммерчески важными сельскохозяйственными культурами. Наибольший ущерб наносит хлопчатнику, томату, кукурузе, нуту, люцерне, табаку. Может повреждать сою, горох, тыкву, кабачок, клещевину, кенаф, джут (предпочитает плодовые части растений).	В России ареал хлопковой совки охватывает лесостепную и степную зоны, достигая южной границы тайги, может мигрировать в более северные зоны.	Широко распространена по всей территории Китая. Зарегистрирована в более чем 20 провинциях, включая Аньхой, Фуцзянь, Гуандун, Хэбэй, Хэнань, Синьцзян, Юньнань, Шаньдун, Шэньси и др., как в северных, так и в южных регионах страны.	892	Семеренко, Бушневна, 2023; Chumakov, Kuznetsova, 2008a; EPPO Datasheet: <i>Helicoverpa armigera</i> , 2020
<i>Plutella xylostella</i> L. Капустная моль	Специализированный вредитель крестоцветных культур: капуста, брюква, рапс и др. Особенно сильно вредят капусте и горчице. Повреждают также нут и салат посевной, питаются дикими крестоцветными растениями: пастушьей сумкой (<i>Capsella bursa-pastoris</i>), сурепкой (<i>Barbarea vulgaris</i>), гулявником (<i>Sisymbrium loeseli</i> и <i>S. sophia</i>), сурепицей (<i>Brassica campestris</i>), редькой дикой (<i>Raphanus raphanistrum</i>) и др.	Встречается в России повсеместно. Ареал распространения в европейской части вычерчен по границе зоны тундры и тайги.	Широко распространена на всей территории Китая. Особенно многочисленна в сельскохозяйственных районах северных, центральных и восточных провинций, таких как Хэбэй, Хэнань, Шаньдун, Шэньси, Цзянсу, Аньхой и Хубэй.	1099	Ovsyannikova, Grichanov, 2008b; Mason, 2022

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6
<i>Cydia pomonella</i> L. Яблонная плодожорка.	Основным кормовым растением являются дикие и культурные яблони; сильно вредит плодам груши и айвы, изредка косточковым – персику, абрикосу; гранату. В виде исключения встречаются на сливах и апельсинах. В южных районах является важным вредителем плодов грецкого ореха. Гусеницы минируют плоды, питаются семенами.	В России распространён по всей европейской части (кроме севера), на Урале, юге Сибири и Дальнего Востока (Амурская область, Хабаровский и Приморский края).	Встречается в Синьцзяне, Ганьсу, Нинся, Шэньси, Хэбэе, Шаньдуне, Шаньси, Хэнани, Внутренней Монголии, Сычуани, Юньнани и на северо-востоке Китая; особенно вредоносна в зонах яблочного производства.	197	Ovsyannikova, Grichanov, 2008c; Wu, 2018
<i>Spodoptera exigua</i> Hübner Совка малая	Широкий полифаг. Повреждает более 180 видов растений из 50 семейств. Гусеницы вредят хлопчатнику, люцерне, свёкле, кукурузе, табаку, арахису, кунжуту, сое, томатам, картофелю, гороху, репе, баклажанам, арбузу, клеверу, эспарцету, молодым цитрусовым, яблоне, айве, винограду, дубу, вязу, акации, хризантемам и чаю.	В России встречается в южной полосе европейской части, Приуралья, Южной Сибири, на Дальнем Востоке	Широко распространена на всей территории Китая, включая северные, центральные и южные провинции. В северных регионах, таких как Ляонин, наблюдаются сезонные миграции вредителя, обусловленные юго-восточными муссонами, позволяющими ему преодолевать до 1500 км за месяц.	693	Григоровская, Зайцева, 2021c; Ma et al., 2024; Wang et al., 2024
<i>Mythimna separata</i> Wlk. Совка восточная луговая	Сильно повреждает овес, пшеницу, ячмень, озимую рожь, кукурузу. Может повреждать сою, кормовые травы, репе рис.	Распространена в Приморском крае, на юге Хабаровского края, в Амурской области, на Сахалине и Курилах.	Широко распространена в Китае; зарегистрирована в большинстве провинций, включая Бэйцзин, Ганьсу, Хэбэй, Хэйлуцзян, Хэнань, Хубэй, Хунань, Шаньдун, Шаньси, Шэньси, Сычуань, Цзянси, Юньнань и другие.	11	Chumakov, Kuznetsova, 2008b; EPPO Global Database, 2021
Отряд Coleoptera (Жесткокрылые)					
<i>Leptinotarsa decemlineata</i> Say Колорадский картофельный жук	Полифаг на паслёновых культурах, прежде всего картофель (основной хозяин, большие потери урожая); также питается на томате, баклажане и др. видах паслёновых.	Широко распространён в России с середины XX века; встречается в картофелеводческих регионах Европейской части, на Урале, в Западной и Восточной Сибири, включая степную, лесостепную, смешанно-лесную и южную таёжную зоны; отмечается также на Дальнем Востоке.	Инвазивный вид: обнаружен в 1990-х в Синьцзяне, ныне занимает большую часть севера Синьцзяна (расширяется ~80 км/год); в 2010-х проник также в северо-восточный Китай (Хэйлуцзян).	434	Fasulati, 2008; Guo et al., 2017; EPPO Datasheet: <i>Leptinotarsa decemlineata</i> , 2021

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6
<i>Tribolium castaneum</i> Herbst. Малый булавосый хрущак	Питается крупой, отрубями, комбикормами и другими измельчёнными зернопродуктами. Особенно активно развивается на продовольственном и фуражном зерне, содержащем битые зёрна и примесь семян сорняков, служащих пищей для жуков и личинок.	В России распространён преимущественно в южных областях.	Распространен по меньшей мере в 23 провинциях Китая, за исключением Тибета, Цинхая и Ганьсу.	139	Стриманов, 2021; Zhang et al., n.d.
Отряд Thysanoptera (Трипсы)					
<i>Frankliniella occidentalis</i> Perg. Западный цветочный трипс	Вредит более чем 300 видам растений из различных семейств. Предпочитает хризантемы, розы, гербе-ры, цинерарии, гипсофилы, огурцы.	В России зарегистрирован в Курской, Калининградской, Ленинградской, Московской, Магаданской, Ульяновской областях, а также в Краснодарском и Ставропольском крае.	Широко распространён по всей стране; зарегистрирован в большинстве провинций, включая Синьцзян, Хэйлунцзян, Юньнань, Гуандун, Хэбэй и другие аграрные регионы.	201	Григоровская, Зайцева, 2021a; EPPO Datasheet: <i>Frankliniella occidentalis</i> , n.d.

* Ссылка на ресурс: <https://www.pesticideresistance.org/>

Table 1. Most harmful arthropod species found in Russia and China

Pest	Affected Crops	Distribution in Russia	Distribution in China	IRAC Statistics (number of resistance cases detected)*	Sources
1	2	3	4	5	6
Order Acarina (Mites)					
<i>Tetranychus urticae</i> Koch (Two-spotted spider mite)	Polyphagous, affects over 1100 plant species: vegetables (tomatoes, cucumbers, etc.), fruit trees, berries, industrial crops, and ornamental plants.	Found in all regions of Russia (in greenhouses); one of the most common pests in greenhouse farming.	Widely distributed throughout China on various crops. Found in both open fields in southern provinces and in greenhouses across the country.	558	Sukhoruchenko et al., 2024; Migeon et al., 2010; CABI Digital Library (2021a)
<i>Panonychus citri</i> Mc. Gr. (Citrus red mite)	Polyphagous, affects more than 111 plant species, including almond, pear, grape, palms, ornamental and evergreen shrubs. Prefers citrus crops such as lemon, grapefruit, orange, and mandarin.	Found in the southern regions (Krasnodar Krai).	Widely present in major citrus regions of China, spread from the south of China to the north.	106	Sukhoruchenko et al., 2024; Demard, Qureshi, 2022; Hu et al., 2022; Shao et al., 2025
Order Orthoptera (Grasshoppers)					
<i>Locusta migratoria</i> L. (Asian migratory locust)	Polyphagous, damages cereals, legumes, vegetables, melons, industrial crops, fruit and forest seedlings, as well as hayfields and pastures.	Widely distributed in southern Russia, including the Central region, Caucasus, southern Siberia, Primorsky Krai, Kuril Islands.	Widely distributed, regularly reported in 17 provinces of China.	1	Ovsyannikova, Grichanov, 2008a; Zhang, Hunter, 2017

Table 1 continued

1	2	3	4	5	6
Order Hemiptera (True Bugs)					
<i>Myzus persicae</i> Sulz. (Peach aphid)	Primary host – peach. Number of secondary hosts up to 400. Causes losses in important crops (including potato, sugar beet, and tobacco), garden crops (including plants of the Brassicaceae, Solanaceae, and Cucurbitaceae families), and stone fruits (peach, apricot, cherry).	Widely distributed across the entire territory, especially in areas with developed vegetable and fruit growing; common in temperate and southern zones.	Found throughout most of China; particularly numerous in northern and central provinces with widespread peach, vegetable, and industrial crop cultivation.	522	Grigorovskaya, Zaitseva, 2021b; Li et al., 2016; CABI Digital Library, 2021b
<i>Aphis gossypii</i> Glov. (Melon aphid)	A broad polyphagous species. Damages cultivated and weed plants from the families Rosaceae, Chenopodiaceae, Malvaceae, Brassicaceae, Cucurbitaceae, Solanaceae, Asteraceae, and others. The greatest damage occurs on cotton.	Distributed throughout Russia up to 54° northern latitude. Found in Western Siberia and causes damage in the steppe zone of Ukraine, North Caucasus, Central Asia, Kazakhstan, the Caucasus, as well as in the Volga and Lower Volga regions.	Widely distributed throughout China; particularly numerous in northern and northeastern regions, including the provinces of Hebei, Liaoning, Henan, where cotton, melons, and vegetables are grown.	438	Berim, 2008; Luo et al., 2016; Cocuzza, 2022
<i>Trialeurodes vaporariorum</i> Westw. (Greenhouse whitefly)	Polyphagous, affects over 250 plant species, primarily vegetable crops (cucumber, tomato, pepper, eggplant), as well as ornamental and flower plants in protected ground. Causes growth inhibition, reduced yields, and transmission of viral diseases.	Common in greenhouse farming, particularly widespread in the Central, Northwestern, and Southern Federal Districts of Russia. Found in protected ground and is one of the main pests in greenhouse vegetable farming.	Widely distributed in greenhouse complexes and open fields, mainly in southern, eastern, and central regions of China. High numbers are reported in the provinces of Shandong, Jiangsu, Zhejiang, Guangdong, Fujian, and other vegetable-growing regions of China.	146	Sukhoruchenko et al., 2024; Erdogan et al., 2021; EPPO Global Database, 2024
<i>Bemisia tabaci</i> Genn. (Tobacco whitefly)	Polyphagous, all biotypes damage up to 600 plant species, with the greatest damage caused to cassava, cotton, sweet potato, tobacco, and tomato.	Recorded in greenhouse farming. Biotype C is present in Crimea and the southern regions of the Russian Federation.	Widely spread, especially in the southern and eastern regions (Guangdong, Fujian, Jiangsu, Zhejiang).	934	Volkov, 2006; Shun-xiang et al., 2001; Cuthbertson, 2022; EPPO Datasheet: <i>Bemisia tabaci</i> , 2023
Order Lepidoptera (Butterflies and Moths)					
<i>Helicoverpa armigera</i> Hbn. (Cotton bollworm)	Feeds on 300 plant species, including commercially important agricultural crops. The greatest damage is done to cotton, tomato, corn, chickpeas, alfalfa, and tobacco. It can damage soybeans, peas, pumpkin, zucchini, castor bean, kenaf, and jute (prefers fruit parts of plants).	In Russia, the range of the cotton bollworm covers the forest-steppe and steppe zones, reaching the southern boundary of the taiga, and can migrate to more northern zones.	Widely distributed across China. Recorded in more than 20 provinces, including Anhui, Fujian, Guangdong, Hebei, Henan, Xinjiang, Yunnan, Shandong, Shaanxi, etc., both in northern and southern regions of the country.	892	Semerenko, Bushneva, 2023; Chumakov, Kuznetsova, 2008a; EPPO Datasheet: <i>Helicoverpa armigera</i> , 2020

Table 1 continued

1	2	3	4	5	6
<i>Plutella xylostella</i> L. (Cabbage moth)	A specialist pest of cruciferous crops: cabbage, rutabaga, rapeseed, etc. It causes severe damage to cabbage and mustard. It also damages chickpeas and lettuce, feeds on wild cruciferous plants: shepherd's purse (<i>Capsella bursa-pastoris</i>), wintercress (<i>Barbarea vulgaris</i>), wormseed (<i>Sisymbrium loeseli</i> and <i>S. sophia</i>), mustard (<i>Brassica campestris</i>), wild radish (<i>Raphanus raphanistrum</i>), etc. The main food plants are wild and cultivated apple trees; it causes severe damage to pear and quince fruits, and occasionally to stone fruits – peach, apricot. Exceptionally found on plums and oranges. In southern regions, it is an important pest of walnut fruits. The larvae mine the fruit and feed on seeds.	Found throughout Russia. Its distribution in the European part is limited by the boundary of the tundra and taiga zones.	Widely distributed across China. Particularly numerous in agricultural areas in northern, central, and eastern provinces such as Hebei, Henan, Shandong, Shaanxi, Jiangsu, Anhui, and Hubei.	1099	Ovsyannikova, Grichanov, 2008b; Mason, 2022
<i>Cydia pomonella</i> L. (Codling moth)	A broad polyphagous species. Damages over 180 plant species from 50 families. The larvae damage cotton, alfalfa, beet, corn, tobacco, peanuts, sesame, soybeans, tomatoes, potatoes, peas, rapeseed, eggplants, watermelons, clover, esparto, young citrus, apple trees, quince, grapes, oak, elm, acacia, chrysanthemums, and tea.	Found across all of European Russia (except the north), Ural, southern Siberia, and the Far East (Amur region, Khabarovsk and Primorsky Krai).	Found in Xinjiang, Gansu, Ningxia, Shaanxi, Hebei, Shandong, Shanxi, Henan, Inner Mongolia, Sichuan, Yunnan, and northeastern China; especially harmful in apple-growing regions.	197	Ovsyannikova, Grichanov, 2008c; Wu, 2018
<i>Spodoptera exigua</i> Hübner (Beet armyworm)	A broad polyphagous species. Damages over 180 plant species from 50 families. The larvae damage cotton, alfalfa, beet, corn, tobacco, peanuts, sesame, soybeans, tomatoes, potatoes, peas, rapeseed, eggplants, watermelons, clover, esparto, young citrus, apple trees, quince, grapes, oak, elm, acacia, chrysanthemums, and tea.	Found in the southern strip of European Russia, the Urals, southern Siberia, and the Far East.	Widely distributed across China, including northern, central, and southern provinces. In northern regions such as Liaoning, seasonal migrations are observed due to southeast monsoons, enabling it to cover up to 1500 km per month.	693	Grigorovskaya, Zaitseva, 2021c; Ma et al., 2024; Wang et al., 2024
<i>Mythimna separata</i> Wlk. (Eastern migratory locust)	Causes significant damage to oats, wheat, barley, winter rye, and corn. Can also damage soybeans, forage grasses, and occasionally rice.	Found in Primorsky Krai, southern Khabarovsk Krai, Amur region, Sakhalin, and the Kuril Islands.	Widely distributed in China; recorded in most provinces, including Beijing, Gansu, Hebei, Heilongjiang, Henan, Hubei, Hunan, Shandong, Shanxi, Shaanxi, Sichuan, Jiangxi, Yunnan, and others.	11	Chumakov, Kuznetsova, 2008b; EPPO Global Database, 2021
Order Coleoptera (Beetles)					
<i>Leptinotarsa decemlineata</i> Say (Colorado potato beetle)	A polyphagous pest of solanaceous crops, primarily potatoes (its main host, causing significant yield losses); also feeds on tomatoes, eggplants, and other solanaceous plants.	Widely distributed in Russia since the mid-20th century; found in potato-growing regions of European Russia, the Urals, Western and Eastern Siberia, including steppe, forest-steppe, mixed forest, and southern taiga zones; also recorded in the Far East.	Invasive species: discovered in the 1990s in Xinjiang, now occupies most of northern Xinjiang (expanding ~80 km/year); in the 2010s, it also spread to northeastern China (Heilongjiang).	434	Fasulati, 2008; Guo et al., 2017; EPPO Datasheet: <i>Leptinotarsa decemlineata</i> , 2021
<i>Tribolium castaneum</i> Herbst. (Red flour beetle)	Feeds on grain, bran, compound feed, and other crushed cereal products. Particularly active on food and fodder grain containing broken grains and weed seed admixtures, which serve as food for the beetles and larvae.	Primarily found in the southern regions of Russia.	Found in at least 23 provinces of China, excluding Tibet, Qinghai, and Gansu.	139	Strimanov, 2021; Zhang et al., n.d.

Table 1 continued

1	2	3	4	5	6
Order Thysanoptera (Thrips)					
<i>Frankliniella occidentalis</i> Perg. (Western flower thrips)	Damages over 300 plant species from various families. Prefers chrysanthemums, roses, gerberas, cinerarias, gypsophilas, cucumbers.	Registered in Kursk, Kaliningrad, Leningrad, Moscow, Magadan, Ulyanovsk regions, as well as in Krasnodar and Stavropol Krai.	Widely distributed across the country; recorded in most provinces, including Xinjiang, Heilongjiang, Yunnan, Guangdong, Hebei, and other agricultural regions.	201	Grigorovskaya, Zaitseva, 2021a; EPPO Datasheet: <i>Frankliniella occidentalis</i> , n.d.

*The link to the resource: <https://www.pesticideresistance.org/>

Библиографический список (References)

- Беньковская ГВ, Удалов МБ, Хуснутдинова ЭК (2008) Генетическая основа и фенотипические проявления резистентности колорадского жука к фосфорорганическим инсектицидам. *Генетика* 44(5):638–644
- Волков ОГ (2006) Табачная белокрылка — опасный вредитель растений в теплицах. *Гаурини* (6):16–21
- Григоровская ПИ, Зайцева ТВ (2021a) Западный цветочный трипс. Пестициды.ru https://www.pesticidy.ru/host/vegetables_pests (10.04.2025)
- Григоровская ПИ, Зайцева ТВ (2021b) Персиковая оранжевая (табачная) тля. Пестициды.ru. https://www.pesticidy.ru/host/stonefruit_pests (10.04.2025)
- Григоровская ПИ, Зайцева ТВ (2021c) Помидорная совка. Пестициды.ru [https://www.pesticidy.ru/Совка_помидорная_\(карадрина\)](https://www.pesticidy.ru/Совка_помидорная_(карадрина)) (16.04.2025)
- Семеренко СА, Бушнева НА (2023) Эффективность контроля численности совки хлопковой (*Helicoverpa armigera* Hbn.) в посевах подсолнечника. *Масличные культуры* 3(195):69–75. <https://doi.org/10.25230/2412-608X-2023-3-195-69-75>
- Стирманов АВ Красный мучной хрущак. Пестициды.ru <https://www.pesticidy.ru/host/store> (10.04.2025)
- Сухорученко ГИ, Долженко ВИ, Ганнибал ФБ и др. (2024) Резистентность вредных членистоногих, фитопатогенных грибов и грызунов к пестицидам. СПб: Издательский дом *Петрополис* 672 с.
- Тихонович И.А., Лутова Л.А., Матвеева Т.В. (2020) О подготовке магистров по новой программе «Молекулярная биология и агробиотехнология растений» в Санкт-Петербургском государственном университете. *Биотехнология и селекция растений* 3(1):7–12 <https://doi.org/10.30901/2658-6266-2020-4-03>
- Сырланова Л.А., Китаев К.А. Молекулярно-генетический анализ распространения резистентности к фосфорорганическим инсектицидам и пиретроидам в популяции колорадского жука на территории Республики Башкортостан. *Экологическая генетика* 13(4):9–11. <https://doi.org/10.17816/ecogen1349-11>
- Bass C, Nauen R (2023) The molecular mechanisms of insecticide resistance in aphid crop pests. *Insect Biochem Mol Biol* 156:103937. <https://doi.org/10.1016/j.ibmb.2023.103937>
- Berim MN *Aphis gossypii*. In Afonin AN, Greene SL, Dzyubenko NI, Frolov AN (eds.) (2008). Interactive Agricultural Ecological Atlas of Russia and Neighboring Countries. Economic plants and their diseases, pests and weeds [Online]. https://agroAtlas.ru/en/content/pests/Aphis_gossypii/index.html (10.04.2025)
- CABI Digital Library (2021a) *Tetranychus urticae* (two-spotted spider mite) <http://doi.org/10.1079/cabicompendium.53366> (10.04.2025)
- CABI Digital Library (2021b) *Myzus persicae* (green peach aphid) <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.1079/cabicompendium.35642> (10.04.2025)
- Chumakov MA, Kuznetsova TL (2008a) *Helicoverpa armigera*. Interactive agricultural ecological atlas of Russia and neighboring countries. Economic plants and their diseases, pests and weeds. https://agroAtlas.ru/en/content/pests/Helicoverpa_armigera/index.html (10.04.2025)
- Chumakov MA, Kuznetsova TL (2008b) *Mythimna separata*. Interactive agricultural ecological atlas of Russia and neighboring countries. Economic plants and their diseases, pests and weeds. https://agroAtlas.ru/en/content/pests/Mythimna_separata/index.html (10.04.2025)
- Cocuzza G (2022) *Aphis gossypii* (cotton aphid). *CABI Compendium*. <https://doi.org/10.1079/cabicompendium.6204>
- Cuthbertson A (2022) *Bemisia tabaci* (tobacco whitefly). *CABI Compendium*. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/10.1079/cabicompendium.8927#sec-8> (10.04.2025)
- De Rouck S, Īnak E, Dermauw W, Van Leeuwen T (2023) A review of the molecular mechanisms of acaricide resistance in mites and ticks. *Insect Biochem Mol Biol* 159:103981. <https://doi.org/10.1016/j.ibmb.2023.103981>
- Demard E, Qureshi JA (2022) The citrus red mite (*Panonychus citri*): a pest of citrus crops. *EDIS* 2022(5):1–6. <https://doi.org/10.32473/edis-in1367-2022>
- Dong K, Du Y, Rinkevich F, Nomura Y et al. (2014) Molecular biology of insect sodium channels and pyrethroid resistance. *Insect Biochem Mol Biol* 44:30–38. <https://doi.org/10.1016/j.ibmb.2014.03.012>
- Dong K, Du Y, Rinkevich F, Nomura Y, Xu P, Wang L, Silver K, Zhorov BS (2014) Molecular biology of insect sodium channels and pyrethroid resistance. *Insect Biochem Mol Biol* 44:30–38. <https://doi.org/10.1016/j.ibmb.2014.03.012>
- Endersby NM, McKechnie SW, Ridland PM, Weeks AR (2006) Microsatellites reveal a lack of structure in Australian populations of the diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.). *Mol Ecol* 15(1):107–118. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2005.02789.x>
- Endersby NM, Viduka K, Baxter SW, Saw J et al. (2011) Widespread pyrethroid resistance in Australian diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.), is related to multiple mutations in the para sodium channel gene. *Bull Entomol Res* 101(4):393–405. <https://doi.org/10.1017/S0007485310000684>

- EPP0 Global Database (2021) <https://gd.eppo.int/taxon/PSEDSE/distribution> (10.04.2025)
- EPP0 Global Database (2024) <https://gd.eppo.int/taxon/TRIAVA/distribution> (10.04.2025)
- EPP0 Global Database. EPP0 Datasheet: *Bemisia tabaci* (2023) https://gd.eppo.int/taxon/BEMITA/download/datasheet_pdf (10.04.2025)
- EPP0 Global Database. EPP0 Datasheet: *Frankliniella occidentalis* (n.d.) https://gd.eppo.int/download/doc/118_datasheet_FRANOC.pdf (10.04.2025)
- EPP0 Global Database. EPP0 Datasheet: *Helicoverpa armigera* (2020) https://gd.eppo.int/taxon/HELIAR/download/datasheet_pdf (9.04.2025)
- EPP0 Global Database. EPP0 Datasheet: *Leptinotarsa decemlineata* (2021) <https://gd.eppo.int/taxon/LPTNDE/datasheet> (9.04.2025)
- Erdogan C, Velioglu AS, Gurkan MO, Denholm I, Moores GD (2021) Detection of resistance to pyrethroid and neonicotinoid insecticides in the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* (Westw.) (Hemiptera: Aleyrodidae). *Crop Prot* 146:105661. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2021.105661>
- Esselink DB, den Belder E, Elderson J, Smulders MJM (2006) Isolation and characterization of trinucleotide repeat microsatellite markers for *Plutella xylostella* L. *Mol Ecol Notes* 6(4):6. <https://doi.org/10.1111/j.1471-8286.2006.01504.x>
- Fasulati SR (2008) *Leptinotarsa decemlineata*. Interactive Agricultural Ecological Atlas of Russia and Neighboring Countries. Economic Plants and their Diseases, Pests and Weeds https://agroAtlas.ru/en/content/pests/Leptinotarsa_decemlineata/index.html (10.04.2025)
- Fotoukkaia SM, Tan Z, Xue W, Wybouw N et al. (2020) Identification and characterization of new mutations in mitochondrial cytochrome b that confer resistance to bifenthrin and acequinocyl in the spider mite *Tetranychus urticae*. *Pest Manag Sci* 76(3):1154–1163. <https://doi.org/10.1002/ps.5628>
- Guo L, Liang P, Zhou X, Gao X (2014) Novel mutations and mutation combinations of ryanodine receptor in a chlorantraniliprole resistant population of *Plutella xylostella* (L.). *Sci Rep* 7(4):6924. <https://doi.org/10.1038/srep06924>
- Guo W, Li C, Ahemaiti T, Jiang W, Li G, Wu J et al. (2017) Colorado potato beetle *Leptinotarsa decemlineata* (Say). In: Wan F, Jiang M, Zhan A (eds) *Biological Invasions and Its Management in China*. Springer, Dordrecht, pp 195–217. https://doi.org/10.1007/978-94-024-0948-2_10
- Hu J, Wang J, Yu Y, Rao W, Chen F, Wang C, Fan G (2022) Cross-resistance pattern and genetic studies in spirotetramat-resistant citrus red mite, *Panonychus citri* (Acari: Tetranychidae). *Agriculture* 12:737. <https://doi.org/10.3390/agriculture12050737>
- Ilias A, Vassiliou VA, Vontas J, Tsagkarakou A (2017) Molecular diagnostics for detecting pyrethroid and abamectin resistance mutations in *Tetranychus urticae*. *Pestic Biochem Physiol* 135:9–14. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2016.07.004>
- Izzo VM, Chen YH, Schoville SD, Wang C et al. (2018) Origin of pest pineages of the Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae). *J Econ Entomol* 111(2):868–878. <https://doi.org/10.1093/jee/tox367>
- Ke F, You S, He W, Liu T et al. (2015) Genetic differentiation of the regional *Plutella xylostella* populations across the Taiwan Strait based on identification of microsatellite markers. *Ecol Evol* 5(24):5880–91. <https://doi.org/10.1002/ece3.1850>
- Kwon DH, Choi BR, Park HM, Lee SH et al. (2004) Knockdown resistance allele frequency in field populations of *Plutella xylostella* in Korea. *Pestic Biochem Physiol* 80(1):21–30. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2004.06.001>
- Li Y, Xu Z, Shi L, Shen G, He L (2016) Insecticide resistance monitoring and metabolic mechanism study of the green peach aphid, *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae), in Chongqing, China. *Pestic Biochem Physiol* 132:1–6. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2015.11.008>
- Liu Z, Ma H, Li K, Liu J et al. (2024) Frequencies of insecticide resistance mutations detected by the amplicon sequencing in *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) and *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) from China. *J Econ Entomol* 117(4):1648–1654. <https://doi.org/10.1093/jee/toae109>
- Lu X, Vandenhoe M, Tsakireli D, Pergantis SA et al. (2023) Increased metabolism in combination with the novel cytochrome b target-site mutation L258F confers cross-resistance between the Qo inhibitors acequinocyl and bifenthrin in *Tetranychus urticae*. *Pestic Biochem Physiol* 192:105411. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2023.105411>
- Luo J-Y, Zhang S, Wang L, Lv L-M, Wang C-Y, Li C-H, et al. (2016) The distribution and host shifts of cotton-melon aphids in Northern China. *PLoS ONE* 11(3): e0152103. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0152103>
- Ma H, Zhou L, Tan H, Xiu X, Wang J, Wang X (2024) Population dynamics and seasonal migration patterns of *Spodoptera exigua* in northern China based on 11 years of monitoring data. *PeerJ* 12:e17223 <https://doi.org/10.7717/peerj.17223>
- Mason P (2022) *Plutella xylostella* (diamondback moth). *CABI Compendium*. <https://doi.org/10.1079/cabicompendium.42318>
- Mavridis K, Papapostolou KM, Ilias A, Michaelidou K, Stavrakaki M, Roditakis E, Tsagkarakou A, Bass C, Vontas J (2022) Next-generation molecular diagnostics (TaqMan qPCR and ddPCR) for monitoring insecticide resistance in *Bemisia tabaci*. *Pest Manag Sci* 78(11):4994–5001. <https://doi.org/10.1002/ps.7122>
- Migeon A, Dorkeld F (2006–2020) Spider Mites Web: A Comprehensive Database for the Tetranychidae. Institute for Agronomy Research, Center for Biology and Management of Populations: Montpellier, France.
- Milner ML, McIntosh EJ, Crisp Michael D, Weston PH, Rossetto M (2013) Microsatellite variation for phylogenetic, phylogeographic and population-genetic studies in Lomatia (Proteaceae). *Aust Syst Bot* 26:186–195.
- Mitina GV, Tulaeva IA, Malyshev SM, Tokarev YS (2021) Molecular genetic analysis of resistance-associated mutations in the experimental lines of spider mite *Tetranychus urticae* Koch, selected for resistance to bifenthrin and abamectin. *Int J Acarol* 47(8):721–725. <https://doi.org/10.1080/01647954.2021.1990406>
- Oshiki M, Miura T, Kazama S, Segawa T, Ishii S, Hatamoto M, Yamaguchi T, Kubota K, Iguchi A, Tagawa T, Okubo T, Uemura S, Harada H, Kobayashi N, Araki N, Sano D (2018) Microfluidic PCR Amplification and miseq amplicon sequencing techniques for high-throughput detection and

- genotyping of human pathogenic rna viruses in human feces, sewage, and oysters. *Front Microbiol* 9:830. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.00830>
- Ovsyannikova EI, Grichanov IYa (2008a) *Cydia pomonella*. Interactive agricultural ecological atlas of Russia and neighboring countries. Economic plants and their diseases, pests and weeds. https://agroatlas.ru/en/content/pests/Cydia_pomonella/index.html (10.04.2025)
- Ovsyannikova EI, Grichanov IYa (2008b) *Plutella xylostella*. Interactive agricultural ecological atlas of Russia and neighboring countries. Economic plants and their diseases, pests and weeds. https://agroatlas.ru/en/content/pests/Plutella_maculipennis/index.html (10.04.2025)
- Ovsyannikova EI, Grichanov IYa (2008c) *Cydia pomonella*. Interactive agricultural ecological atlas of Russia and neighboring countries. Economic plants and their diseases, pests and weeds. https://agroatlas.ru/en/content/pests/Cydia_pomonella/index.html (10.04.2025)
- Özkan Koca A, Berkcan SB, Laçın Alas B, Kandemir İ (2022) Population structure and pattern of geographic differentiation of Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae) in Turkey. *Pest Manag Sci* 78(9):3804–3814. <https://doi.org/10.1002/ps.6663>
- Shao J, Hu J, Li B et al. (2025) Suitability of Rosaceae fruit tree species for *Panonychus citri* (McGregor) (Acari: Tetranychidae). *Exp Appl Acarol* 94:23. <https://doi.org/10.1007/s10493-024-00992-7>
- Shen XJ, Cao LJ, Chen JC, Ma LJ et al. (2023a) A comprehensive assessment of insecticide resistance mutations in source and immigrant populations of the diamondback moth *Plutella xylostella* (L.). *Pest Manag Sci* 79(2):569–583. <https://doi.org/10.1002/ps.7223>
- Shen XJ, Zhang YJ, Wang SY, Chen JC, Cao LJ, Gong YJ, Pang BS, Hoffmann AA, Wei SJ (2023b) A high-throughput KASP assay provides insights into the evolution of multiple resistant mutations in populations of the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* across China. *Pest Manag Sci* 79(5):1702–1712. <https://doi.org/10.1002/ps.7344>
- Shi C, Tian Y, Wang Y, Guo W et al. (2023) The interaction of nicotinic acetylcholine receptor subunits Ld α 3, Ld α 8 and Ld β 1 with neonicotinoids in Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata*. *Pestic Biochem Physiol* 195:105558. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2023.105558>
- Shun-xiang R, Wang Z, Qiu B, Xiao Y (2001) The pest status of *Bemisia tabaci* in China and non-chemical control strategies. *Insect Sci* 8(3):279–288
- Sonoda S (2010) Molecular analysis of pyrethroid resistance conferred by target insensitivity and increased metabolic detoxification in *Plutella xylostella*. *Pest Manag Sci* 66(5):572–575. <https://doi.org/10.1002/ps.1918>
- Sparks TC, Lorschbach BA (2017) Perspectives on the agrochemical industry and agrochemical discovery. *Pest Manag Sci* 73(4):672–677. <https://doi.org/10.1002/ps.4457>
- Sun LN, Shen XJ, Cao LJ, Chen JC et al. (2022) Increasing frequency of G275E mutation in the nicotinic acetylcholine receptor α 6 subunit conferring spinetoram resistance in invading populations of Western flower thrips in China. *Insects* 13(4):331. <https://doi.org/10.3390/insects13040331>
- Van Leeuwen T, Dermauw W, Grbic M, Tirry L, Feyereisen R (2013) Spider mite control and resistance management: does a genome help? *Pest Manag Sci* 69(2):156–159. <https://doi.org/10.1002/ps.3335>
- Van Leeuwen T, Dermauw W, Mavridis K, Vontas J (2020) Significance and interpretation of molecular diagnostics for insecticide resistance management of agricultural pests. *Curr Opin Insect Sci* 39:69–76. <https://doi.org/10.1016/j.cois.2020.03.006>
- Van Leeuwen T, Vanholme B, Van Pottelberge S, Van Nieuwenhuysse P et al. (2008) Mitochondrial heteroplasmy and the evolution of insecticide resistance: non-Mendelian inheritance in action. *Proc Natl Acad Sci USA* 105(16):5980–5985. <https://doi.org/10.1073/pnas.0802224105>
- Van Leeuwen TV, Vontas J, Tsagkarakou A, Tirry L (2009) Mechanisms of acaricide resistance in the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae*. In *Biorational Control of Arthropod Pests*. (pp. 347–393). Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-90-481-2316-2_14
- Van Leeuwen, T.; Tirry, L.; Yamamoto, A.; Nauen, R (2015) The economic importance of acaricides in the control of phytophagous mites and an update on recent acaricide mode of action research. *Pestic Biochem Physiol* 121:12–21
- Venkatesan T., Chethan B. R., Mani M. (2022) Insecticide resistance and its management in the insect pests of horticultural crops. In: Mani M (ed) *Trends in Horticultural Entomology*. Springer: Singapore. 455–490. https://doi.org/10.1007/978-981-19-0343-4_14
- Wang X, Feng Q, Zhou X, Zhang H, Wu S, Wu K (2024) Seasonal Migratory Activity of the Beet Armyworm *Spodoptera exigua* (Hübner) in the Tropical Area of China. *Insects* 15(12):986. <https://doi.org/10.3390/insects15120986>
- Whalon ME, Mota-Sanchez D, Hollingworth RM (2008) In: Analysis of global pesticide resistance in arthropods. CABI. 5–31. <https://doi.org/10.1079/9781845933531.00>
- Wu Y, Jin B, Gu Z (2018) [Distribution and control measures of the codling moth]. *Huazhong Kunchong Yanjiu* 14S:150–157 (In Chinese)
- Xu D, Zhang Y, Zhang Y, Wu Q et al. (2021) Transcriptome profiling and functional analysis suggest that the constitutive overexpression of four cytochrome P450s confers resistance to abamectin in *Tetranychus urticae* from China. *Pest Manag Sci* 77(3):1204–1213. <https://doi.org/10.1002/ps.6130>
- Zhang L, Hunter DM (2017) Management of locusts and grasshoppers in China. *J Orthoptera Res* 26(2):155–159. <https://doi.org/10.3897/jor.26.20119>
- Zhang T, Wu Y, Liu L, Zhao Z, Wang Z, He P, Cao Y, Li Z (n.d.) [Geographical distribution of *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae) in China]. College of Plant Protection, China Agricultural University, Beijing; Academy of State Administration of Grain, Beijing (In Chinese)
- Zhang Y, Xu D, Zhang Y, Wu Q, Xie W, Guo Z, Wang S (2021) Frequencies and mechanisms of pesticide resistance in *Tetranychus urticae* field populations in China. *Insect Sci* 29(3):827–839. <https://doi.org/10.1111/1744-7917.12957>
- Zhang Z, Zhang P, Li W, Zhang J et al. (2013) De novo transcriptome sequencing in *Frankliniella occidentalis* to identify genes involved in plant virus transmission and insecticide resistance. *Genomics* 101(5):296–305. <https://doi.org/10.1016/j.ygeno.2013.02.005>

Translation of Russian References

- Benkovskaya GV, Udalov MB, Khusnutdinova EK (2008) [Genetic basis and phenotypic manifestations of resistance of the Colorado potato beetle to organophosphorus insecticides]. *Russ J Genet* 44(5):638–644 (In Russian)
- Grigorovskaya PI, Zaitseva TV (2021a) [Peach greenhouse (tobacco) aphid]. *Pesticidy.ru* https://www.pesticity.ru/host/stonefruit_pests (10.04.2025) (In Russian)
- Grigorovskaya PI, Zaitseva TV (2021b) [Western flower thrips]. *Pesticidy.ru* https://www.pesticity.ru/host/vegetables_pests (10.04.2025) (In Russian)
- Grigorovskaya PI, Zaitseva TV (2021c) [Beet armyworm]. *Pesticidy.ru* [\(04/16/2025\)](https://www.pesticity.ru/Совка_помидорная_(карадрина)) (In Russian)
- Semerenko SA, Bushneva NA (2023) [Effectiveness of population control of cotton bollworm (*Helicoverpa armigera* Hbn.) in sunflower crops]. *Maslichnye Kultury* 3(195):69–75. <https://doi.org/10.25230/2412-608X-2023-3-195-69-75> (In Russian)
- Sukhoruchenko GI, Dolzhenko VI, Gannibal FB et al. (2024) [Pesticide resistance of harmful arthropods, phytopathogenic Plant Protection News, 2025, 108(2), p. 78–89
OECD+WoS: 1.06+IY (Entomology); 4.01+AM (Agronomy) <https://doi.org/10.31993/2308-6459-2025-108-2-17024>
- fungi and rodents]. St. Petersburg: Petropolis Publishing House. 672 p. (In Russian)
- Stirmanov AV (2021) [Red flour beetle]. *Pesticidy.ru* <https://www.pesticity.ru/host/store> (10.04.2025) (In Russian)
- Syrtlanova LA, Kitaev KA (2015) [Molecular genetic analysis of the spread of resistance to organophosphate insecticides and pyrethroids in populations of the Colorado potato beetle in the Republic of Bashkortostan]. *Ecological Genetics* 13(4):9–11. <https://doi.org/10.17816/ecogen1349-11> (In Russian)
- Tikhonovich IA, Lutova LA, Matveeva TV (2020) [On the training of masters in the new program “Molecular Biology and Plant Agrobiotechnology” at St. Petersburg State University]. *Biotechnology and Breeding of Plants* 3(1):7–12. <https://doi.org/10.30901/2658-6266-2020-4-03> (In Russian)
- Volkov OG (2006) [Tobacco whitefly - a dangerous pest in greenhouses]. *Gavrish* (6):16–21. (In Russian)

Mini-review

PROSPECTS FOR COOPERATION BETWEEN RUSSIA AND CHINA IN STUDYING THE MOLECULAR MECHANISMS UNDERLYING ARTHROPOD PESTS’ RESISTANCE TO PESTICIDES

E.S. Okulova¹, D.A. Emelyanov¹, Y. He¹, X. Jiang², T.V. Matveeva^{1*}

¹All-Russian Institute of Plant Protection, St. Petersburg, Russia

²Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing, China

*corresponding author, e-mail: radishlet@gmail.com

This mini-review focuses on the prospects and key areas of cooperation between Russia and China in studying the molecular nature of resistance in mite and insect pests to pesticides. Information on the most harmful species is presented for both countries, including their area and molecular genetic approaches to understanding resistance. The latter include examination of pesticide target gene polymorphism and pesticide detoxification gene expression. Such research is essential for monitoring the spread of pesticide resistance in insect and mite populations, as well as for selection of effective management strategies in both countries. In addition to scientific collaboration, an important objective is the joint training of scientific and pedagogical personnel in this research field. Collaborative efforts between the two countries, through joint research, experience exchange, and technology development, should result in a more efficient pesticide usage, reduced application costs, and increased crop yields, ultimately contributing to economic growth.

Keywords: arthropod pests, resistance, acaricides, insecticides

Submitted: 22.04.2025

Accepted: 15.07.2025