

УДК: 632.95.025.8

РЕЗИСТЕНТНОСТЬ ВРЕДНЫХ ОРГАНИЗМОВ К ПЕСТИЦИДАМ, ПРИЧИНЫ И МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ

**Ефрейторова Т.Э., кандидат сельскохозяйственных наук,
руководитель группы гербологии, тел. 89250410537,
t.efreytorova@avgust.com
АО Фирма «Август»**

***Ключевые слова:** пестициды, ландшафтный дизайн, резистентность, механизмы формирования устойчивости, практика управления резистентностью.*

В статье представлен обзор механизмов резистентности к инсектицидам, фунгицидам, гербицидам и причины возникновения устойчивости. Приведены случаи развития резистентности у вредных организмов в мире и в России. Намечены пути ограничения распространения и снижения скорости развития резистентности к препаратам.

Пестициды в ландшафтном дизайне применяются для борьбы с вредителями, болезнями растений и сорняками. Эти химические средства помогают поддерживать эстетику и здоровье зелёных насаждений. Неразумное применение пестицидов, отсутствие последние двадцать лет принципиально новых открытий в классах действующих веществ, а также изменение состава вредных организмов в агроценозах ускоряет наступление резистентности. Резистентность вредных организмов к пестицидам - пример микроэволюционных изменений в их популяциях под влиянием токсических веществ. Возникновение у вредных объектов устойчивости к средствам защиты растений - процесс естественный.

Устойчивость к пестицидам - это изменение чувствительности популяции вредных организмов к отдельным действующим веществам или к классу действующих веществ, приводящее к невозможности эффективной защиты. Систематическое применение пестицидов с одинаковым механизмом действия может вызывать появление

резистентных (устойчивых) форм у видов, которые изначально были чувствительны к какому-либо препарату. Резистентность следует рассматривать как общебиологическое явление эволюции, приспособительную реакцию живых организмов к меняющимся условиям среды. Она возникает в ограниченном пространстве или в изолированной популяции при многократном применении одних и тех же действующих веществ.

Использование низких норм расхода препаратов против менее чувствительных стадий развития организмов (переросших сорняков, личинок старшего возраста) ведет к сдвигу чувствительности, и при бессменном применении пестицидов с одним действующим веществом в итоге может вызвать резистентность.

К генетическим факторам возникновения устойчивости относится наличие в популяциях вредных объектов генотипов с высокоактивными формами ферментов, ускоряющих процесс детоксикации пестицида, которые определяют резистентность не только к конкретному пестициду, но и перекрестную резистентность к пестицидам различных химических классов. Примером действия биологических факторов можно считать пассивную (завоз с растительной продукцией) и активную миграции (естественное расселение) резистентных генотипов из мест интенсивных обработок в новые регионы.

Резистентность может проявляться в быстром выведении токсинов, их секреции внутри организма вдали от уязвимых тканей и снижении их проникновения через стенки организма [1].

Мутация всего в одном гене может привести к эволюции резистентного организма. Гены резистентности обычно аутосомные. Это означает, что они расположены на аутосомах (в отличие от аллосом, также известных как половые хромосомы). Таким образом, резистентность наследуется одинаково у самцов и самок. Кроме того, резистентность обычно наследуется как неполно доминантный признак. Если резистентный организм скрещивается с восприимчивым, то у их потомства уровень резистентности обычно находится между родительскими [2].

Формирование резистентности не происходит мгновенно - это длительный процесс. Сдвиг чувствительности - это смещение порога

чувствительности в большую сторону, когда популяция вида не контролируется рекомендованными дозами, но при увеличении нормы расхода чувствительность восстанавливается. Образование резистентности - это вторая стадия, когда повышение нормы расхода пестицида не ведет к гибели организма

Стоит отметить, что резистентность может иметь место и при биологическом методе защиты растений. Однако устойчивость вредных организмов к биопрепаратам развивается в десятки раз медленней в сравнении с периодом ее формирования к химическим средствам защиты растений. Это связано с тем, что химические действующие вещества влияют на дыхание и размножение вредного объекта, а микроорганизмы либо вытесняют физически, либо поедают его. Разворачивается настоящая борьба за питательную среду, что препятствует развитию резистентности или существенно замедляет этот процесс.

В период с 2000 по 2010 гг. выявлено 8000 случаев развития резистентности у более 500 видов вредных членистоногих к 300 инсектицидам; 300 случаев у 250 фитопатогенов к 30 фунгицидам. В настоящий момент в мире обнаружено более 500 резистентных сорных растений и 250 фитопатогенов. Ежегодно регистрируется до 50 новых случаев резистентности одного вида организма к одному действующему веществу. Кроме того, постоянно растет число видов, впервые проявляющих устойчивость - от 10 до 20 в год [3].

Устойчивость к инсектицидам развилась у многих видов: устойчивость к инсектицидам была впервые зафиксирована А. Л. Меландером в 1914 году, когда щитовки продемонстрировали устойчивость к неорганическому инсектициду. В период с 1914 по 1946 год было зарегистрировано ещё 11 подобных случаев. Появление органических инсектицидов, таких как ДДТ, дало надежду на то, что проблема устойчивости к инсектицидам решена. Однако к 1947 году у комнатной мухи выработалась устойчивость к ДДТ. С появлением каждого нового класса инсектицидов - циклодиенов, карбаматов, формамидинов, органофосфатов, пиретроидов и даже *Bacillus thuringiensis* - случаи резистентности возникали в период от двух до 20 лет [4].

Вопросами резистентности занимаются три международных комитета - Комитет по гербицидной резистентности (HRAC), Комитет по фунгицидной резистентности (FRAC) и Комитет по инсектицидной резистентности (IRAC). Однако деятельность этих организаций не распространяется на Россию, поэтому оценить ситуацию у нас с учетом ограниченного содержания научных публикаций и докладов можно лишь приблизительно. Тем не менее некоторыми данными по России за период с 1964 по 2013 год зафиксированы случаи развития резистентности к фунгицидам из химических классов бензимидазолов, органофосфатов, триазолов, ацилаланинов и фенилпирролов у 14 видов фитопатогенов. Формирование толерантности к гербицидам обнаружено в биотопах 15 видов сорных растений. Развитие устойчивости к инсектицидам и акарицидам быстро прогрессирует в популяциях 42 видов вредных членистоногих.

По данным на 2026 год, в Международной базе данных сорняков, устойчивых к гербицидам (The International Survey of Herbicide Resistant Weeds), зарегистрировано 539 уникальных случаев устойчивости у 277 двудольных и 256 однодольных сорняков. Они выработали устойчивость к 21 из 34 известных механизмов действия гербицидов и к 168 различным гербицидам. Устойчивые к гербицидам сорняки были зарегистрированы на 102 посевах в 75 странах.

Ключевые практики управления резистентностью.

Применяйте Интегрированную Защиту Растений (IPM). Химический метод - это лишь часть комплексной системы. Основой должны служить агротехника (севооборот, обработка почвы), использование устойчивых сортов и биологические методы контроля (сохранение и выпуск энтомофагов).

Работайте по порогам вредоносности (ЭПВ). Обработки нужно проводить только тогда, когда численность вредителя достигает экономического порога, а не "для профилактики" или по календарю. Это сокращает количество обработок и снижает селективное давление.

Используйте рекомендованные нормы расхода. Заниженные дозы не уничтожают популяцию, а действуют как мощный селективный фильтр, отсеивая только самых слабых особей и позволяя размножаться тем, кто обладает средней и высокой степенью устойчивости. Это ускоряет эволюцию резистентности в полевых условиях.

Различайте стратегии для инсектицидов и фунгицидов. Это критически важный аспект. Для инсектицидов и акарицидов: Избегайте баковых смесей препаратов с разными механизмами действия. Такая практика может ускорить отбор особей с множественными механизмами устойчивости (например, с усиленным метаболизмом), которые способны нейтрализовать оба действующих вещества. Это приводит к возникновению "супер-резистентных" популяций, с которыми крайне сложно бороться. Для фунгицидов: Наоборот, баковые смеси часто являются эффективной антирезистентной стратегией. Классический пример - смесь фунгицида с высоким риском резистентности (например, из группы стробилуринов, FRAC 11) и контактного мультисайтового фунгицида с низким риском (например, на основе меди или манкоцеба).

Активно используйте мультисайтовые фунгициды. К контактным (мультисайтовым) фунгицидам, таким как препараты на основе меди или серы, устойчивость практически не вырабатывается. Причина в том, что они нарушают одновременно несколько жизненно важных процессов в клетке патогена. Для развития устойчивости грибу потребовалось бы несколько независимых мутаций одновременно, что статистически крайне маловероятно. Это делает их незаменимым элементом в программах ротации.

Библиографический список

1. Yu Simon J. The Toxicology and Biochemistry of Insecticides. Press/Taylor & Francis. С. 296. ISBN 978-1-4200-5975-5. OCLC 190620703. 1420059750 ISBN.
2. David, Mariana Rocha; Garcia, Gabriela Azambuja; Valle, Denise; Maciel-de-Freitas, Rafael. (2018). Insecticide Resistance and Fitness: The Case of Four *Aedes aegypti* Populations from Different Brazilian Regions. *BioMed Research International*, 2018, 1–12. doi:10.1155/2018/6257860
3. Сухорученко Г.И. Резистентность вредных организмов к пестицидам-проблема защиты растений второй половины XX столетия в странах СНГ/ Сухорученко Г.И// Вестник защиты растений 2001, №1. -С. 18-37.

4. Захаренко В.А Проблема резистентности вредных организмов к пестицидам – мировая проблема / Захаренко В.А// Вестник защиты растений 2001, №1.-С. 3-13.

PESTICIDE RESISTANCE IN PESTS, CAUSES AND MANAGEMENT METHODS

**Efreytorova T.E.
August Company**

Keywords: *pesticides, landscape design, resistance, resistance development mechanisms, resistance management practices.*

This article provides an overview of the mechanisms of resistance to insecticides, fungicides, and herbicides, as well as the causes of resistance. Cases of resistance development in pests worldwide and in Russia are presented. Pathways to limiting the spread and reducing the rate of resistance development are outlined.