

ХИМИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА БОРЬБЫ С ВРЕДИТЕЛЯМИ РАСТЕНИЙ

Классификация инсектицидов

Инсектициды — это группа химических препаратов, предназначенных для борьбы с насекомыми — вредителями сельскохозяйственных культур. Мировые потери от вредителей (по данным ФАО) составляют: на зерновых 5,1 %, кукурузе 13 %, рисе 27,5 %. Насчитывается около 70 тысяч насекомых и клещей, причиняющих вред сельхозкультурам, из них 10 тысяч видов наносят существенный экономический ущерб.

Сегодня ассортимент инсектоакарицидов, разрешенных для использования в Республике Беларусь, включает около 60 препаратов. Ежегодно идет его обновление. Период использования большинства препаратов составляет 10—15 лет после начала производства, и только наиболее удачные из них сохраняются более 25 лет.

Современная классификация инсектицидов осуществляется:

1. *По способу проникновения в организм насекомых:*
 - кишечные инсектициды — препараты, отравляющие насекомых при проникновении в желудочно-кишечный тракт. К кишечным инсектицидам относят также препараты, способные проникать в растения через корни и листья и распространяться по сосудистой системе в другие части растений;
 - контактные инсектициды — препараты, применяемые путем нанесения на насекомых или на поверхности, на которых они обитают;
 - фумиганты — инсектициды, проникающие в организм насекомых в виде паров или газов через трахеи.
2. *По действию на стадии развития насекомых:*
 - овициды — препараты, уничтожающие яйца насекомых;
 - лаврициды — препараты, уничтожающие личинки насекомых (сонет, димилин).
3. *По химическому составу:*
 - фосфорорганические соединения (карбофос, БИ-58);
 - карбаматы (пиримор);
 - нитрофенолы (ДНОК);
 - синтетические пиретроиды (децис, каратэ);
 - производные аминов (банкол);
 - производные фенилбензилмочевины (димилин);
 - фенилпиразолы (регент);
 - ацетамиды (моспилан);
 - хлороникотинилы (гаучо);
 - комбинированные препараты.

ФОСФОРГАНИЧЕСКИЕ ИНСЕКТОАКАРИЦИДЫ

Данная группа инсектицидов одна из наиболее многочисленных. Это связано с рядом преимуществ фосфорорганических соединений:

- высокой начальной токсичностью для вредителей;
- широким спектром действия;
- высоким инсектицидным и акарицидным действием;
- малой стойкостью в биологических средах;
- быстрым метаболизмом в организме теплокровных;
- низкой кожно-резорбтивной и кумулятивной способностью;
- малым расходом препарата на единицу площади;
- быстрым разложением в почве и воде;
- умеренной токсичностью для рыб.

Некоторые препараты данной группы обладают системным действием, что снижает опасность для энтомофагов.

Токсическое действие фосфорорганических соединений на насекомых обусловлено ингибированием активности ацетилхолинэстеразы в холинэргических синапсах нервной системы.

Признаки отравления появляются в течение первых 2—3 ч после обработки и выражаются в гиперактивации насекомого и треморе конечностей. Затем наступает паралич со смертельным исходом.

Препараты этой группы хорошо уничтожают личинок и имаго вредителей. Овицидное действие незначительно в связи со слабой проницаемостью оболочки яйца для препарата.

Фосфорорганические соединения (ФОСы) в основном высоко- и среднетоксичны для теплокровных животных, поражают холинэргические синапсы центральной нервной системы и периферические нервно-мышечные ткани.

При хроническом отравлении наблюдается функциональная кумуляция, ингибирование активности холинэстеразы. Накожная токсичность фосфорорганических инсектицидов невелика.

Длительность сохранения фосфорорганических соединений в почве не превышает одного месяца, в связи с чем опасность загрязнения продуктов питания и кормов остатками препарата сводится к минимуму.

В рекомендованных дозах ФОСы не фитотоксичны, отрицательного влияния на качество продукции не оказывают. Разрушение фосфорорганических соединений в растении происходит за 30-40 суток.

Недостатком препаратов данной группы является их высокая токсичность для теплокровных, а также быстрое появление устойчивых популяций вредителей после систематического применения препаратов данной группы.

Производные тиофосфорной кислоты. Препараты этой группы характеризуются высоким инсектицидным и акарицидным действием. Они менее токсичны для человека, чем фосфаты.

Производные тиофосфорной кислоты могут быть в виде двух изомеров: тионового и тиолового.

Тиоловые производные являются более сильными ингибиторами холинэстеразы, чем тионовые. При нагревании тионовые изомеры перегруппировываются в тиоловые. Данный процесс протекает как на поверхности листьев, так и внутри растений.

Тиоловые препараты характеризуются большим периодом разрушения в окружающей среде и растительной продукции, поэтому их применение ограничено.

Из тионовых производных тиофосфорной кислоты допущены к применению дурсбан, 40,8%-ный к.э. (хлорпирифос, пиринекс), из тиоловых — актеллик, 50%-ный к.э. (пиримифосметил, белофос, фос-бецид), диазинон, 60%-ный гсэ. (диазол, базудин), сумитион, 50%-ный к.э. (фенитротрион, метатион).

Производные дитиофосфорной кислоты. Препараты этой группы средне- и высокотоксичны для теплокровных, но их токсичность ниже, чем у производных тиофосфорной кислоты. Препараты в основном кишечного действия, многие из них обладают системным действием и являются эффективными акарицидами.

Для представителей этой группы характерен длительный период разрушения в окружающей среде и растительной продукции (до 12 мес). В нашей стране применяются следующие препараты данной группы: БИ-58 новый, 400 г/л к.э. (диметоат, данадим), золон, 35%-ный к.э. (фозалон, бензофосфат), карбофос, 50%-ный к.э. (малатион, фуфанон), каунтер, 10%-ные г. (тербуфос).

СИНТЕТИЧЕСКИЕ ПИРЕТРОИДЫ

Ассортимент синтетических пиретроидов в Республике Беларусь включает более 15 препаратов, и с каждым годом эта группа дополняется все более эффективными препаратами. Синтез синтетических пиретроидов основан на использовании эфиров хризантемовой и изоэтерической кислот.

В состав препарата входят от 4 до 8 изомеров, из которых активными являются не более двух. По взаимному влиянию изомеров на биологическую активность пиретроиды могут быть разделены на три группы:

- присутствие неактивных изомеров не влияет на активность препарата, которая пропорциональна содержанию активного изомера (альфаметрин, циперметрин);
- присутствие неактивного изомера усиливает действие активного изомера, т.е. имеет место синергизм (биоресметрин);
- присутствие неактивного изомера подавляет действие активного изомера.

Механизм действия синтетических пиретроидов основан на нарушении деятельности нервной системы. Инсектициды этой группы нарушают процесс обмена ионов натрия и калия в пресинаптической мембране, что приводит к излишнему выделению ацетилхолина при прохождении нервных импульсов через синаптическую цепь. Внешние признаки отравления выражаются в сильном возбуждении с последующим параличом.

Все синтетические пиретроиды — липофильные вещества практически нерастворимые в воде. В чистом виде это вязкие жидкости с относительно высокой точкой кипения и низким давлением паров. Потери при испарении с обработанной поверхности невысоки вследствие их низкой летучести.

Вещества высокостабильны на солнечном свете, на неживых поверхностях могут сохраняться до 12 мес. Пиретроиды плохо передвигаются в почве, разрушаясь в ней в течение 2—4 недель.

Препараты не фитотоксичны, практически не проникают в растение. Период полураспада в растении 7—9 суток, однако остатки препарата обнаруживаются в течение 21 дня после обработки.

Синтетические пиретроиды — препараты контактного и кишечного действия; обладают высокой инсектицидной активностью, но не эффективны против клещей. Период защитного действия составляет 15-21 день. Преимуществом синтетических пиретроидов являются низкие нормы расхода препарата на единицу площади. Большинство инсектицидов этой группы средне- и малотоксичны для теплокровных.

Недостатком данной группы препаратов является высокая токсичность для рыб и полезных насекомых. При длительном использовании синтетических пиретроидов возникают устойчивые популяции вредителей.

Разрешены к применению: бульдок, 2,5%-ный к.э. (бетацифлутрин), висметрин, 25%-ный к.э. (перметрин), данитол, 10%-ный к.э. (фенпропатрин), децис, 2,5%-ный к.э. (дельтаметрин), каратэ, 5%-ный к.э. и 5%-ные в.р.г. (лямбдацигалотрин), кинмикс, 5%-ный к.э. (бета-циперметрин), суми-альфа, 5%-ный к.э. (эсфенвалерат), сумицидин, 20%-ный к.э. (фенвалерат), талстар, 10%-ный к.э. (бифентрин), фастак, 10%-ный к.э. (альфа-циперметрин), фьюри, 10%-ная в.э. (зета-перметрин), цимбуш, 25%-ный к.э. (циперметрин, арриво, инта-вир, пролитрин, циперкил, ципи, циракс, циткор, шерпа).

НЕОНИКОТИНОИДЫ

Неоникотиноиды (нитроимидозолидины) — группа высокоэффективных системных действующих веществ инсектицидов, объединяемая по механизму действия на насекомых и являющихся производными 6-хлорникотиниловой кислоты (хлор-, amino- и оксипроизводными пиридинов).

Физические и химические свойства. Неоникотиноиды – хлор-, amino- и оксипроизводные пиридинов, способные подавлять активность фермента ацетилхолинэстеразы у насекомых и не затрагивать нервную систему позвоночных^[10].

Эта группа соединений содержит отрицательно заряженную электроноакцепторную группу ($=\text{CHNO}_2$, $=\text{NNO}_2$, $=\text{NCN}$)^[11]. Структурная формула неоникотиноидов отличается от других хлор-, amino- и оксипроизводными пиридинов тем, что электроотрицательный фармакофор располагается в противоположном направлении по сравнению с никотиноидной катионной функциональной группой в связывающем кармане nAChR. Его называют инвертированным фармакофором^[11].

Неоникотиноиды не проявляют ни кислотных, ни основных свойств при pH 4–10. Это объясняет их способность образовывать связь между электроотрицательным фармакофором и остатком лизина или аргинина в активном сайте и определяет способность данного класса соединений к селективной токсичности для насекомых и млекопитающих^[11].

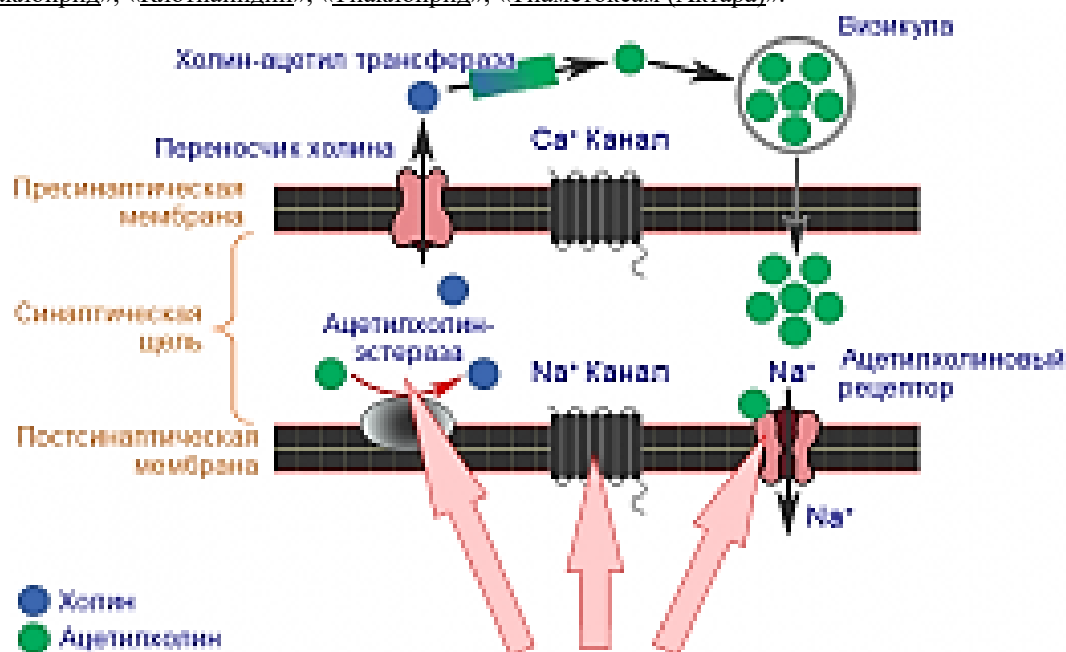
По химической структуре неоникотиноиды делят на две группы – нитрозосодержащие соединения (имidakлоприд, динотефуран, клотианидин) и циансодержащие (ацетамиприд, тиаклоприд)^[12].

В химической структуре имidakлорида, ацетамиприда и тиаклоприда общим является наличие пиридинового кольца с одним атомом хлора в 6-м положении^[12].

Все неоникотиноиды характеризуются:

- избирательностью действия: хорошо аккумулируются рецепторами насекомых, и плохо – рецепторами, человека и млекопитающих;
- отсутствием летучести: как полярные соединения они не ионизируются при обычных pH, устойчивы к гидролизу;
- высокой биологической активностью;
- высоким трансламинарным и системным действием в растениях;
- низкими нормами расхода;
- умеренной стойкостью в полевых условиях^[14].

Подробнее о химических и физических свойствах конкретных неоникотиноидов – в статьях «Ацетамиприд», «Имадаклоприд», «Клотианидин», «Тиаклоприд», «Тиаметоксам (Актара)».



Механизм действия неоникотиноидов

Действие на вредные организмы. Неоникотиноиды обладают инсектицидной биологической активностью. Оказывают контактно-кишечное и кишечное и системное действие на насекомых. Токсическое действие нарастает постепенно, но остаточный эффект отсутствует, поэтому рекомендуются повторные обработки через 5–7 суток^[11].

Механизм действия. Согласно классификации IRAC, неоникотиноиды относятся к группе 4, по механизму действия на вредителей являются конкурентными модуляторами никотиновых ацетилхолиновых рецепторов/ Nicotinic acetylcholine receptor (NACHR) competitive modulators^[12].

В группу 4 кроме никотиноидов включены: никотин и отдельные соединения химических классов: сульфоксимины, бутенолиды, мезоионные соединения, пиридиллилены. (Подробный перечень справа – «Химические классы и соединения, по механизму инсектицидного действия – конкурентные модуляторы никотиновых ацетилхолиновых рецепторов»).

В настоящее время (июль, 2024) в сфере защиты растений на территории России разрешены к использованию инсектициды с действующими веществами, относящимися к классу неоникотиноиды (подгруппа А группы 4 классификации IRAC) и никотин (подгруппа В группы 4 классификации IRAC)^{[3][12]}.

Все конкурентные модуляторы никотиновых ацетилхолиновых рецепторов связываются с участком ацетилхолина на nAChR, вызывают ряд симптомов – от гипервозбуждения до летаргии и паралича^[12].

Напомним, что ацетилхолин – основной возбуждающий нейромедиатор в центральной нервной системе насекомых^[12].

Класс неоникотиноиды

Неоникотиноиды ингибируют никотин-ацетилхолиновые рецепторы постсинаптической мембраны и уменьшают активность ацетилхолин-эстеразы. Это увеличивает период открытия натриевых каналов, что приводит к гиперполяризации мембран нервных волокон (изменению мембранного потенциала клетки, делающего его более отрицательным) и приводит к нарушению передачи нервных импульсов через синапс и приводит к гибели насекомых^{[9][10]}.

Классификация IRAC рассматривает как никотиноиды соединения: ацетамиприд, клотианидин, динотефуран (не разрешен к применению в России), имидаклоприд, нитенпирам (не разрешен к применению в России), тиаклоприд, тиаметоксам^{[3][12]}.

Отмечается, что имидаклоприд и тиаклоприд лишь частично ингибируют никотин-ацетилхолиновые рецепторы. Возбуждение рецепторов от их воздействия составляет около 20–25 % в сравнении с возбуждением, вызываемым ацетилхолином^[9].

Ацетамиприд и клотианидин ингибируют никотин ацетилхолиновые рецепторы плотнее, эффективность их воздействия на специфические рецепторы от 60 до 100 %^[9].

В сельском хозяйстве неоникотиноиды применяются как действующие вещества системных инсектицидов для борьбы с сосущими и листогрызущими насекомыми (тли, цикадки, белокрылки, трипсы, рисовые долгоносики, колорадский жук и пр.).^[4] Кроме того, препараты на основе этих действующих веществ успешно используют для борьбы с почвенными вредителями (крошка свекловичная, щелкуны и пр.)^[4].