

Физические (морфологические) и химические защитные механизмы растений

Автор(и): проф. д-р Вили Харизанова, от Аграрен университет в Пловдив

Дата: 08.04.2021 Брой: 4/2021



Морфологическая (физическая) устойчивость к насекомым зависит от структур растения, которые физически влияют на выбор насекомого, его передвижение, питание, спаривание или откладку яиц. К ним могут относиться цвет, трихомы (волоски), поверхностные воски, склереиды (каменистые клетки), содержащие кремний, и т.д.

Цвет листьев, цветков, плодов и других органов растений не случаен и возник, по крайней мере отчасти, для снижения атаки определенными видами насекомых.

Трихомы (волоски) влияют на передвижение насекомых, питание и откладку яиц своей формой, плотностью, длиной и т.д.

Восковой слой на кутикуле листьев и других органов, помимо защиты от чрезмерного испарения, служит физическим барьером для ряда патогенов и отпугивает вредителей.

Каменистые клетки в плодах и других органах также играют роль в устойчивости растений к атакам насекомых.

Химические защитные механизмы растений

С конца XVII века известно, что растения содержат токсичные вещества, которых избегают насекомые. Уже в 1690 году никотин был экстрагирован из табака и использован как контактный инсектицид, а позже пиретрин – из цветков пиретрума (вид хризантемы). Другие замечательные примеры включают азадирахтин (из дерева *Azadirachta indica*), d-лимонен из цитрусовых, ротенон из дерева *Derris eliptica*, капсаицин из острого перца и т.д.

Сегодня разнообразие известных химических защитных веществ в растениях огромно и превышает десятки тысяч, но в целом их можно разделить на 5 основных групп: азотистые соединения (в основном алкалоиды), терпеноиды, фенольные соединения, ингибиторы протеаз и вещества, влияющие на эндокринную систему насекомых.

Азотистые соединения

Некоторые азотистые соединения, такие как **небелковые аминокислоты**, действуют как *антиметаболиты*. При попадании в организм насекомых они приводят к нарушению метаболизма. Чаще небелковые аминокислоты действуют как антифиданты (препятствуют усвоению питательных веществ из съеденного растения). Они распространены в семенах, которые обычно являются богатым источником питательных веществ для фитофагов.

Алкалоиды – это сложные азотистые основания с разнообразной молекулярной структурой, встречающиеся во многих растениях. Алкалоиды относятся к наиболее известным токсинам, используемым для защиты от насекомых. Один из них – **никотин** – имеет долгую историю в качестве инсектицида. Другой – **томатин** – является основным алкалоидом в томатах. Колорадский жук отпугивается тканями, содержащими томатин, и, если он питается ими, наблюдается гибель жуков.

Колорадский жук обычно не атакует томаты, но сильно атакует близкородственный картофель, который, однако, не содержит томатина.

Терпеноиды

Терпеноиды широко распространены и чрезвычайно разнообразны структурно и функционально. Они функционируют как аттрактанты для опылителей, но также как антифиданты и как токсины. Герань (*Pelargonium*), например, производит гераниол в лепестках для защиты от жуков. Примерно через 30 минут после попадания в организм жук парализуется и остается в таком состоянии несколько часов, в течение которых становится добычей хищников.

Устойчивость к совкам рода *Heliothis* (хлопковая совка и другие) напрямую связана с содержанием **госсипола**.

Хлопковая цикадка *Amrasca biguttula biguttula* показывает на 50% более высокую выживаемость на восприимчивых сортах хлопчатника и развивается быстрее. Хотя были выведены низгоссипольные сорта для семян, предназначенных в пищу, в районах с сильным заражением насекомыми следует предпочитать сорта с высоким содержанием госсипола.

Кукурбитацены – это тритерпеноиды, встречающиеся в семействе Тыквенные, придают горький вкус и действуют как антифиданты для большого числа фитофагов, но в то же время служат аттрактантами для жуков-листоедов подсемейства *Galerucinae*.

Другие монотерпены (пинен) обеспечивают защиту хвойных видов от стволовых вредителей и короедов. При атаке на дерево уровень токсичных или репеллентных монотерпенов в смоле увеличивается.

Фенольные соединения

Среди более важных фенольных соединений – флавоноиды. Изофлавоноид **ротенон**, экстрагируемый из дерева *Derris elliptica*, используется в промышленности в качестве инсектицида. Другие флавоноиды являются эффективными антифидантами, потому что имеют горький вкус. **Танины** – это полимерные фенольные соединения, обладающие сильными свойствами связывания белков. **Проантоцианидины** (конденсированные танины) являются ингибиторами питания и также снижают перевариваемость съеденной пищи.

Ингибиторы протеаз

Ингибиторы протеаз подавляют действие протеолитических ферментов и уменьшают количество белков, которые могут быть расщеплены и усвоены. С другой стороны, они вызывают сверхпродукцию пищеварительных ферментов, что увеличивает потерю серосодержащих аминокислот. В результате насекомые слабеют, у них подавляется рост, и в конечном итоге они погибают.

Ингибиторы протеаз связываются с ферментами, расщепляющими пептидные связи белков, и таким образом ингибируют их протеолитическую активность. В растениях они в больших количествах встречаются в основном в семенах и клубнях, но также присутствуют в листьях.

Уровень ингибиторов протеаз в растениях картофеля повышается, когда растение подвергается атаке насекомых; даже листья, удаленные от места атаки, реагируют. Листья и другие части с повышенным уровнем ингибиторов протеаз менее перевариваемы для фитофагов. Некоторые растения производят разнообразные ингибиторы протеаз, каждый с разной специфичностью. Таким образом, эти растения имеют защиту от широкого спектра фитофагов.

Регуляторы роста

Фитоэкдистероиды – это растительные вещества, сходные с экдизоном (главным гормоном у насекомых). Они были впервые обнаружены в корнях папоротников. Содержание фитоэкдизона в некоторых растениях удивительно высоко. Один грамм корней восточного папоротника содержит эквивалент экдизона из 200 кг куколок тутового шелкопряда. Несколько десятков фитоэкдистероидов были выделены из более чем 80 семейств растений.

Бальзамическая пихта *Abies balsamea* производит **ювабион** – вещество, аналогичное ювенильному гормону насекомых. Другие родственники пихты также выделяют подобные вещества при атаке тлей.

В поисках регуляторов роста из растений У. Бауэрс выделил два интересных вещества – **прекоцены**, из цветка *Ageratum houstonianum*. Когда эти прекоцены попадают на поверхность тела насекомого, клетки *сопрога allata* (железы, производящей ювенильный гормон) погибают. Уничтожая источник ювенильного гормона, прекоцены ускоряют метаморфоз и приводят к появлению преждевременных, стерильных взрослых особей.