

# **ЛЕКЦИЯ 4**

## **УСТОЙЧИВОСТЬ И**

### **РЕЗИСТЕНТНОСТЬ ВРЕДНЫХ**

#### **ОРГАНИЗМОВ К ПЕСТИЦИДАМ И**

##### **ПУТИ ЕЕ ПРЕОДОЛЕНИЯ**

### **ВОПРОСЫ:**

- 1. Природа резистентности и устойчивости**
- 2. Виды природной резистентности (устойчивости) вредных организмов к пестицидам**
- 3. Приобретенная резистентность вредных организмов к пестицидам**
- 4. Метод определения резистентности**
- 5. Этапы формирования резистентности и антирезистентная политика**

# 1. Природа резистентности и устойчивости

*Устойчивость и резистентность организмов нередко рассматривают как синонимы.*

Однако целесообразнее термин **устойчивость** употреблять в общем смысле этого слова либо в частных случаях в отношении природных стрессовых факторов, болезней и вредителей. Термин **резистентность** обозначает устойчивость организмов к пестицидам.

Слово «**резистентность**» происходит от *resistente* (лат.) — противостоять, сопротивляться.

Соответственно, **резистентность организмов к пестициду** можно оценить, как биологическое свойство организмов сопротивляться его отравляющему действию. Резистентный организм не только выживает в тот момент, когда чувствительные особи погибают, но и развивается, размножается в среде, содержащей токсические вещества.

Соответственно, показателем, обратным резистентности, является **чувствительность** организма

- Первая информация о появлении устойчивых к химическим пестицидам организмов появилась в научной печати в 1915 году в США.
- В частности, сообщалось о возникновении в калифорнийских садах колоний померанцевой щитовки, устойчивых к синильной кислоте. Эти колонии проявили себя на фоне многократных обработок садов препаратами синильной кислоты.
- В 1928 году зарегистрировали устойчивость яблонной плодовой жоржки к арсенату свинца. Позднее, проявив внимание к этому вопросу, специалисты обнаружили признаки устойчивости и у других вредных организмов к сере и даже к инсектициду растительного происхождения — пиретруму, получаемому из ромашки далматской и других ее видов.

- До 1940-х годов резистентности не при давали большого значения, однако с появлением в 1960-х годах целой серии химических препаратов она вновь привлекла внимание.
- В 1958 году было выявлено уже 76 видов членистоногих, устойчивых к инсектицидам, в 1969 году — 227 видов, в 1975 году — 400 видов, в 1985 году - около 800 видов (рис 1).

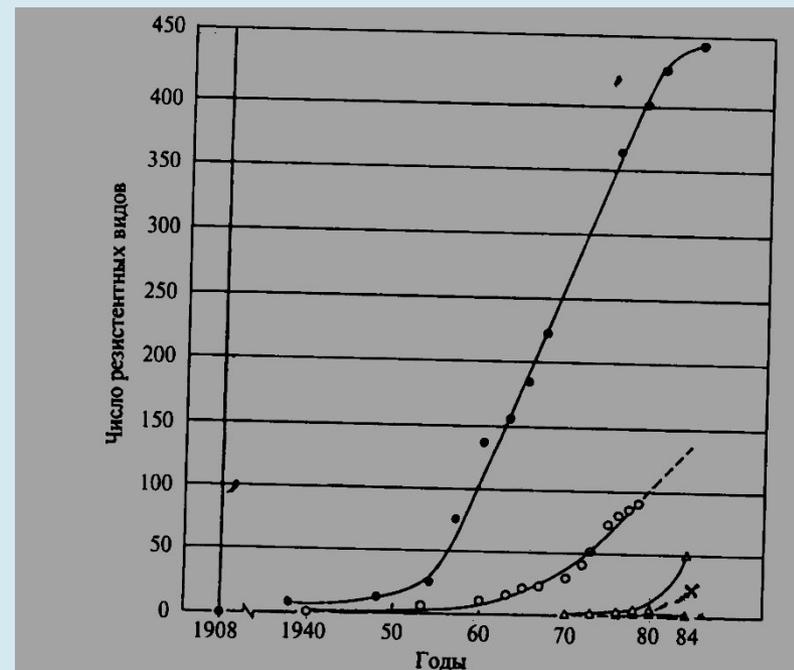


Рис. 1. Динамика развития резистентности к пестицидам у вредных организмов в 1950....84гг. • -членистоногие, ° - возбудители болезней, Δ - нематоды, x – грызуны.

Резистентность вредных организмов к пестицидам приобрела в настоящее время глобальный характер и затрагивает интересы здравоохранения, сельскохозяйственного производства, индустрии пестицидов и экологии.

В мире резистентность к пестицидам разных химических групп зарегистрирована в популяциях более 500 видов вредных членистоногих, около 300 видов фитопатогенов, 147 видов сорных растений и 17 видов трызнунов.

При ФАО функционирует Комитет по резистентности, который издает стандартные методы ее мониторинга, накапливает базу данных по ее проявлению в разных регионах мира, финансирует разработку и применение программ борьбы с резистентностью наиболее опасных видов. Развитие резистентности многих вредных организмов к пестицидам — одна из основных проблем химического метода защиты растений.

- **В России зарегистрирована резистентность к пестицидам у 46 видов членистоногих (в том числе к фосфорорганическим препаратам у 41, к пиретроидам - у 20, к регуляторам роста и развития - у 3 видов), у 10 видов фитопатогенов к системным фунгицидам и у 4 видов сорняков.**

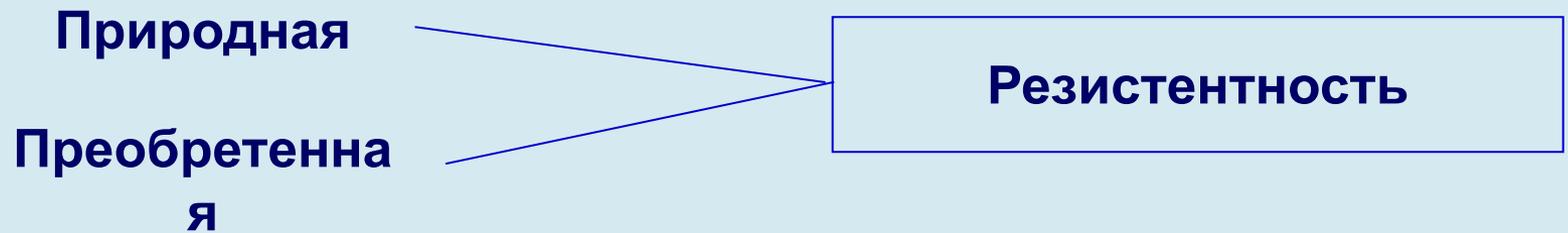
Резистентность основана на биологических, точнее, на биохимических особенностях организмов.

Резистентные особи способны противостоять отравлению за счет особых механизмов выносливости и детоксикации яда.

Например:

- они медленнее сорбируют его поверхностью тела и быстрее выводят;
- у животных они имеют различную проницаемость оболочек нервных стволов;
- они могут быстро изолировать молекулы яда в теле, формируя вокруг них защитные прослойки типа липидов;
- они могут обладать отличающимися от других особей ферментами или специфичными энзимами, которые быстро разрушают молекулы яда и тем самым детоксицируют организм.

Резистентность - это способность организма выживать и размножаться в присутствии химического вещества, которое раньше подавляло его развитие, и возникает в результате систематического применения пестицидов.



Под природной резистентностью понимается ее изначальное присутствие у популяций, обитающих в природе и не подвергавшихся селектирующему действию пестицидов.

Приобренная резистентность к пестицидам — та, которая проявляется под действием пестицидов, когда чувствительные особи гибнут, а устойчивые, занимая освободившееся пространство, формируют резистентную популяцию.

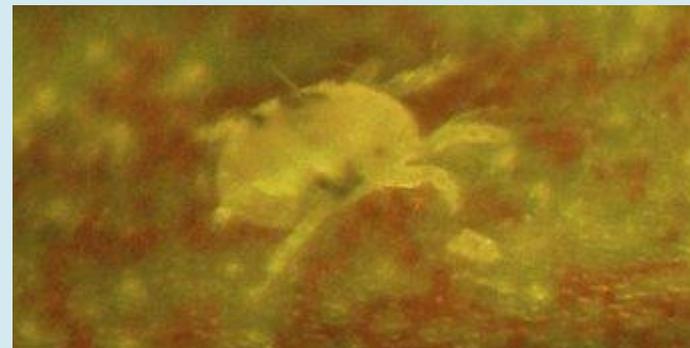
## 2. Виды природной резистентности (устойчивости) вредных организмов к пестицидам



- Видовая устойчивость обусловлена морфологическими особенностями вредных организмов. Щитки у щитовок и ложнощитовок, войлочный налет у кровяной тли, восковой налет у капустной тли защищают эти виды от пестицидов, что усложняет организацию эффективных защитных мероприятий.
- Половая устойчивость проявляется в меньшей чувствительности к пестицидам женских особей. Это особенно важно учитывать при организации защиты от имагинальной стадии (долгоносики, блошки, вредная черепашка и другие).



- Фазовая или стадийная устойчивость связана с изменением чувствительности к пестицидам в онтогенезе вредных организмов. У насекомых и клещей наиболее чувствительна к пестицидам стадия личинки. У вредителей, ведущих скрытый образ жизни на стадии личинки, воздействию пестицидов подвергается имагинальная стадия. При этом важен правильный выбор препарата в зависимости от морфологических особенностей вида (пшеничная галлица, серый долгоносик). Наиболее устойчива к пестицидам стадия яиц, что связано с низкой проницаемостью их защитных оболочек, а также стадия куколки у насекомых с полным превращением. Однако есть пестициды с выраженным овицидным действием (акарицид аполло).



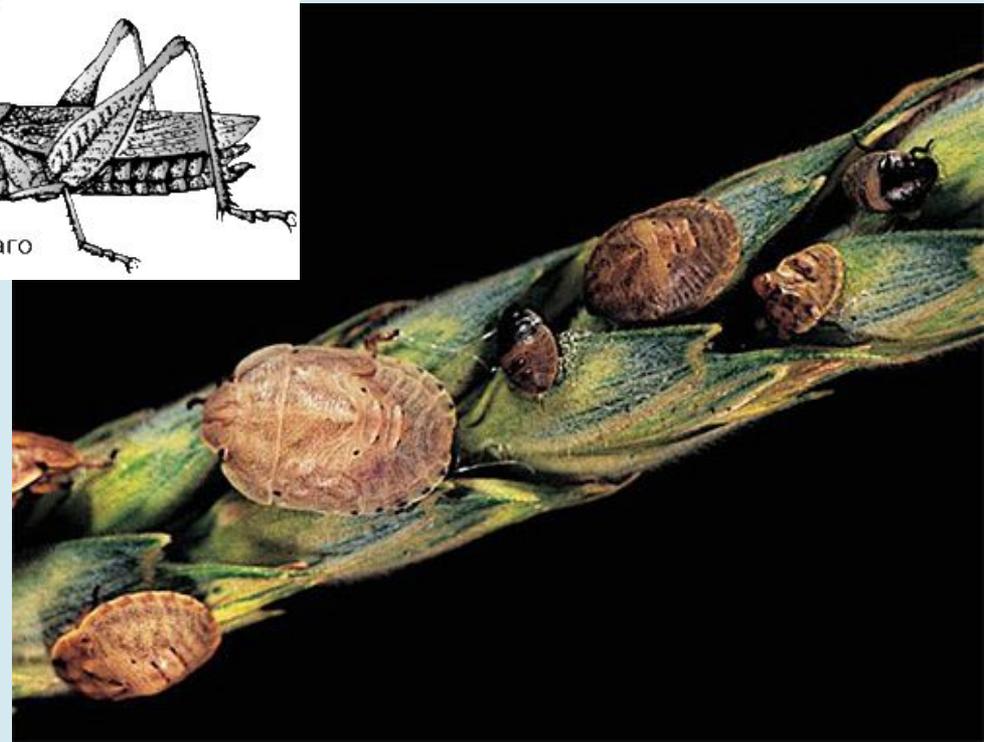
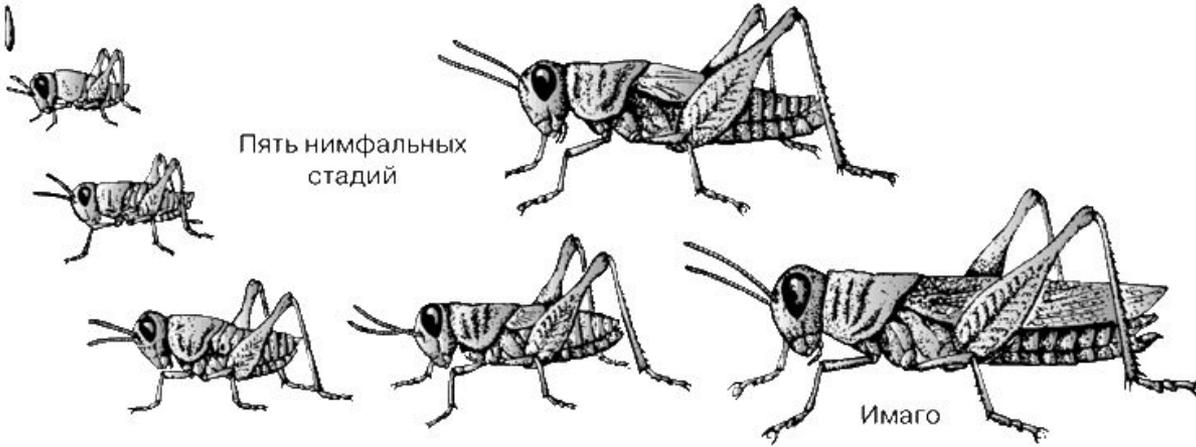
Имаго и личинки паутиного клеща

- Возрастная устойчивость к пестицидам рассматривается в основном по отношению к личинкам насекомых. Она связана с изменением внешних покровов, а, следовательно, со степенью проницаемости для пестицидов.

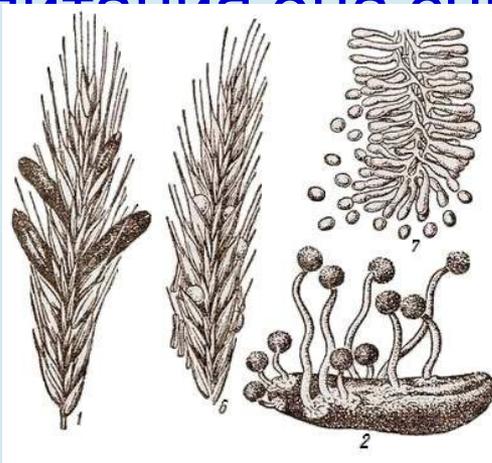
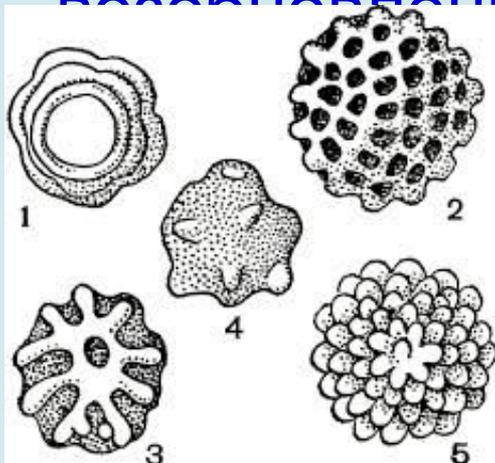
НЕПОЛНЫЙ МЕТАМОРФОЗ (ПАВРОМЕТАБОЛИЯ)

Кобылка

Яйцо



- Сезонная устойчивость связана с физиолого-биохимическим состоянием вредных организмов. В конце лета, когда организм готовится к зимней диапаузе и накапливает большое количество жира, устойчивость к пестицидам повышается. У грибов в этот период формируются стадии, более устойчивые ко всем неблагоприятным факторам, в том числе и к пестицидам (ооспоры, склероции, ризоморфы, оидии). Весной вредные насекомые, израсходовав в период зимовки запасы питательных веществ, становятся более чувствительными к инсектицидам. Однако после возобновления питания они снова становятся



- Временная устойчивость к пестицидам объясняется особенностями суточной активности вредителей. Например, гусеницы озимой совки питаются ночью и поэтому обработку посевов инсектицидами целесообразно проводить в вечерние часы. Наиболее чувствительны к инсектицидам активно питающиеся особи.
- Популяционная устойчивость вредных организмов к пестицидам связана, с приспособительной способностью к выживанию за счет неоднородности популяции. Эти особенности вредителей необходимо учитывать при организации защитных мероприятий в период, когда большая часть популяции представлена чувствительной стадией. Необходимо учитывать качественное состояние популяции, связанное у некоторых видов с многолетней цикличностью развития.

- Этологическая (поведенческая) устойчивость обусловлена поведенческими реакциями организма, связанными со способностью особей избегать прямого действия пестицида.
- Физиологическая устойчивость заключается в том, что разные особи одной стадии развития, одного пола и одной популяции имеют разную устойчивость вследствие разных условий питания или, в целом, разных условий существования.

### 3. Приобретенная резистентность вредных организмов к пестицидам.

Резистентность – это наследуемая в популяциях способность некоторых особей или биотипов вредных организмов выдерживать дозы пестицидов, от которых большинство их при определенных условиях погибает

Переход чувствительной популяции в резистентную - сложный генетический процесс.

Во-первых, он связан с присутствием в популяциях вредных организмов особей с измененными биохимическими механизмами, которые появляются в результате спонтанных мутаций. Чем больше их в популяции, тем быстрее она становится резистентной

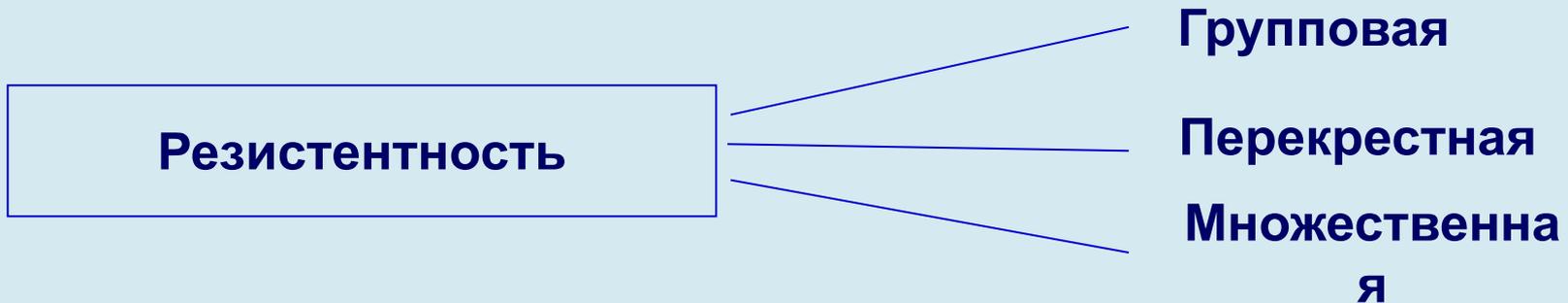
Во-вторых, резистентность связана с изменением биохимических механизмов у вредных организмов под воздействием пестицидов. Это происходит в результате нарушения сроков применения химических средств, когда в популяциях присутствуют устойчивые стадии; при действии на чувствительные стадии сублетальной дозы; при нарушении кратности применения препарата.

Приобретенная резистентность возникает при многократном применении одних и тех же препаратов. Ее проявлению содействуют следующие причины:

- 1) частое применение одного препарата или препаратов одной химической группы в борьбе с вредными организмами;
- 2) биологические особенности организма, выражающиеся в биотическом потенциале и числе поколений в сезон (скорость появления резистентных популяций выше у высокоплодовитых и поливольтинных видов);
- 3) частота встречаемости генов резистентности в популяциях организмов;
- 4) характеристика генов резистентности в геноме, выражающаяся в количестве генов, контролирующих строение структур, на которые действует пестицид;
- 5) избирательность действия пестицидов, пути действия пестицидов на организм; особенно быстро возникает резистентность к антибиотикам и системным препаратам.

# Возникают различные виды резистентности к одному пестициду:

- *поведенческая* - связана с изменением поведения насекомых.
  - *изменения химических свойств поверхности тела*, изолирующие от поступления яда внутрь организма.
  - *появление мутантных ферментов*, разрушающих пестицид.
- Резистентность к нескольким пестицидам подразделяется на групповую, перекрестную и множественную (многократную).**



- *Групповая резистентность* — это устойчивость к двум или нескольким пестицидам, родственным по строению и механизму действия, относящимся к одной химической группе, например к пиретроидам. Она обусловлена одним и тем же генетическим фактором. При этом реверсия (возврат) чувствительности возможны чередованием препаратов из различных химических групп.
- *Перекрестная резистентность* – устойчивость популяции к одному пестициду, которая возникает при селекции другим пестицидом и обусловлена одним генетическим фактором. Перекрестная резистентность мало изучена, преодоление ее в значительной степени затруднено. Поэтому нельзя допускать ее возникновения.
- *Множественная резистентность* — это устойчивость к двум или нескольким веществам разных химических групп, контролируемая разными генетическими факторами. Это наиболее опасная резистентность.

## 4. Метод определения резистентности

Количественной мерой приобретенной резистентности является показатель резистентности (ПР):

$$\text{ПР} = \frac{\text{СД}_{50} \text{ устойчивой популяции}}{\text{СД}_{50} \text{ чувствительной (природной) популяции}}$$

- Методика определения резистентности вредного организма к любому соединению включает два этапа:
  1. выявление устойчивых особей в популяции с помощью диагностической концентрации препарата на полях, где отмечено снижение эффективности химических обработок;
  2. установление уровня устойчивости популяции путем постановки специальных опытов.
- Диагностическая концентрация препарата подбирается с таким расчетом, чтобы от ее применения погибло 100 % нормальных чувствительных особей. Это соответствует дозе, которая в 2 раза больше  $\text{СД}_{95}$ . Выжившие после такой обработки особи считаются потенциально резистентными.

## Различают также полевую и лабораторную резистентность

- **Полевая резистентность** образуется при воздействии на популяцию организма факторов в природных условиях.
- **Лабораторная резистентность** — это искусственно созданная устойчивость популяции в результате, например, сильного облучения, применения химических и других веществ мутагенного характера.

## 6. Этапы формирования резистентности и антирезистентная политика

- Различают следующие **этапы формирования резистентности**. Первый — период низкой (толерантной) резистентности (ПР = 5-10), второй — период быстрого роста резистентности (ПР = 11-50 и более), третий — период стабилизации резистентности на уровне, предельном для вида организма или для препаратов данной химической группы.

В производстве следствием резистентности являются:

- увеличение нормы расхода препарата либо повышение его концентрации;
- увеличение кратности обработок;
- отказ от препарата.

В-первых двух случаях резистентность приводит к загрязнению окружающей среды, в том числе продуктов питания, нарушению действия природного регуляторного механизма, когда хищники и паразиты, а также грибы-антагонисты погибают от чрезмерных доз препаратов. В третьем случае фирмы-производители препарата оказываются перед необходимостью остановить его производство и (или) найти ему альтернативу, что влечет за собой дополнительные расходы и наносит удар по престижу фирмы

- **Антирезистентная политика** должна базироваться на популяционных и биоценологических аспектах контроля вредных организмов. Биоценологический уровень управления позволяет значительно сократить применение пестицидов и, как следствие этого, пролонгировать чувствительность к ним вредных организмов.

# Биоценотический контроль вредных организмов связан:

- во-первых, с внедрением устойчивых сортов (*озимая пшеница - устойчивость к бурой и желтой ржавчинам, септориозу, фузариозу колоса; огурец - устойчивость к мучнистой и ложномучнистой росе; подсолнечник - устойчивость к пероноспорозу, фомопсису и т.д.*);
- во-вторых, с управлением популяциями вредных организмов специальными агротехническими приемами (*соблюдение севооборота в борьбе с хлебной жужелицей, офиоблезной корневой гнилью на озимой пшенице; уничтожение сорных растений культивацией в период массовой откладки яиц озимой совкой первой генерации и т.д.*);
- в-третьих, с внедрением технологий возделывания, обеспечивающих оптимальный водно-воздушный режим в почве и повышающих ее антифитопатогенный потенциал. Сбалансированное минеральное питание, повышение плодородия почвы, научно-обоснованное чередование способов основной обработки

# **Контроль вредных организмов на популяционном уровне должен строиться на следующих элементах:**

- знании механизма действия препарата на вредный организм;
- чередование пестицидов с различным механизмом действия;
- знании биологии вредного организма;
- применении пестицидов против чувствительных стадий вредных
- организмов;
- соблюдении нормы расхода пестицидов;
- высоком качестве применения препаратов при опрыскивании, обработке семян;
- региональном мониторинге чувствительности вредных организмов к пестицидам.

