



*Управление устойчивостью
вредных объектов*

Содержание

Управление устойчивостью сорных растений (HRAC)	3
Резистентность вредителей к инсектицидам (IRAC)	25
Резистентность фитопатогенов к фунгицидам (FRAC)	36

ARS-стратегия Bayer и международная классификация RAC

Пестициды в наше время широко используются в сельском хозяйстве для борьбы с вредителями, болезнями и сорняками, что повышает урожайность и качество сельскохозяйственных культур. Однако, частое и неумеренное использование пестицидов может привести к проблеме резистентности. А это, в свою очередь, может полностью лишить аграриев основного инструмента борьбы с вредными объектами — химических средств защиты растений.

В своей **ARS-стратегии (Anti-Resistance Strategy) Bayer** полностью придерживается рекомендаций соответствующих международных институтов по борьбе с резистентностью.

В настоящее время существуют различные международные объединения по изучению и управлению резистентностью вредных объектов в сельском хозяйстве. Так, изучением устойчивости к гербицидам занимается **Herbicide Resistance Action Committee (сокращенно HRAC)** — комитет по борьбе с устойчивостью к гербицидам.

Изучением проблем устойчивости болезней растений занимается комитет по борьбе с устойчивостью к фунгицидам, **Fungicide Resistance Action Committee (FRAC)**, вредителей — комитет по борьбе с устойчивостью к инсектицидам, **Insecticide Resistance Action Committee (IRAC)**.

Участниками этих объединений являются международные компании — основные производители средств защиты растений.

Посмотреть и скачать классификации целиком можно на официальных сайтах международных комитетов RAC:



www.hracglobal.com



www.frac.info



www.irac-online.org

Управление устойчивостью сорных растений (HRAC)



// Байер является лидером в управлении резистентностью сорняков (IWM — integrated weed management).

// Проблема устойчивости сорняков возрастает по всему миру (АЛС, ФОП, триазины, глифосат и др.).

// Стратегия борьбы должна быть не только на конкретной культуре, но и во всем севообороте в зависимости от технологии выращивания.

// Потери урожая от сорняков составляют 20—40% и более.

// Стратегия предполагает долгосрочное планирование и окупаемость затрат в будущем.

Методы контроля сорняков

Косвенные	Прямые		
Влияние на развитие сорняков	Воздействие на разные стадии развития сорняков (семена, всходы, корни, листья)		
Агротехнические методы	Физические и механические методы	Биологические	Химические
Севооборот, сроки сева, покровные культуры, густота растений и междурядья, подбор сортов/гибридов	Обработка почвы, выращивание, ручная прополка, скашивание, дробление, радиация, тепло, уборка, контроль семян сорняков после уборки	Споры, бактерии, животные и насекомые	Гербициды
Нехимические методы			Химические методы

Устойчивые сорняки (данные на 2021 г.)



1 127

по возрастанию количества устойчивых сорняков на территории

Источник: <https://weedscience.org/Pages/GeoChart.aspx>

// Более 250 видов сорняков имеют индивидуальную или групповую устойчивость (к нескольким механизмам действия).

// В России 5-6 сорняков имеют устойчивость к АЛС-ингибиторам (HRAC 2) и 2-3 — ФОПам (HRAC 1).

// Дополнительно устойчивые гибриды к АЛС — рапса, свеклы и подсолнечника (рассматриваем как сорняк).



Динамика устойчивости к гербицидам в поле

Динамику трудно отследить, пока не станет слишком поздно.

Сколько времени нужно, чтобы избавиться от устойчивости?



Развитие проблемы устойчивости сорняков занимает значительно меньше времени, чем ее решение.

Причины развития проблемы

Один и тот же гербицид или механизм действия используется каждый год без изменения / 1 устойчивый сорняк в год 0 (1×10^{-6} , разумно принятая начальная частота) / Каждый сорняк дает 5 плодов, дающих жизнеспособные семена, все из которых прорастают.

ТОП-10 устойчивых сорняков по культурам



Примеры устойчивых сорняков в РФ Щирица, Амброзия, Овсяг

Устойчивая Щирица запрокинутая к АЛС

(Курская область,
2021 г., кукуруза,
предшественник —
соя)



Устойчивая Амброзия полыннолистная к АЛС

(Кабардино-Балкария,
2021 г., кукуруза)



Устойчивый Овсяг к ингибиторам ацетил-карбоксилазы ACCase (ФОПы, ДИМы). HRAC группа 1

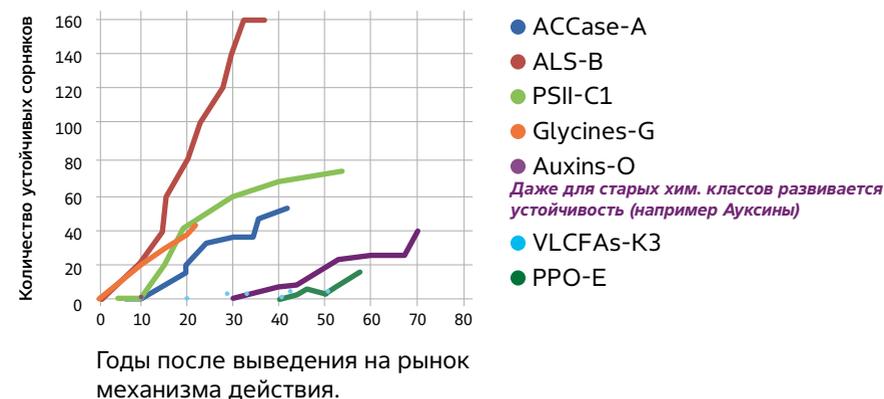
(Сибирь, 2013 г.,
яровая пшеница)



В некоторых случаях
после применения
любого граминицида
из традиционно
присутствующих
на рынке России может
наблюдаться вторичное
отрастание побегов
из узла кушения.

Гербициды — классификация и поиск решения (HRAC)

Нарастающая проблема устойчивости сорняков



За последние 30 лет практически не было новых мест действия (МД),
выведенных на рынок

Механизм действия гербицидов

Гербициды представляют собой химические соединения, препятствующие нормальному росту и развитию растений или останавливающие их.

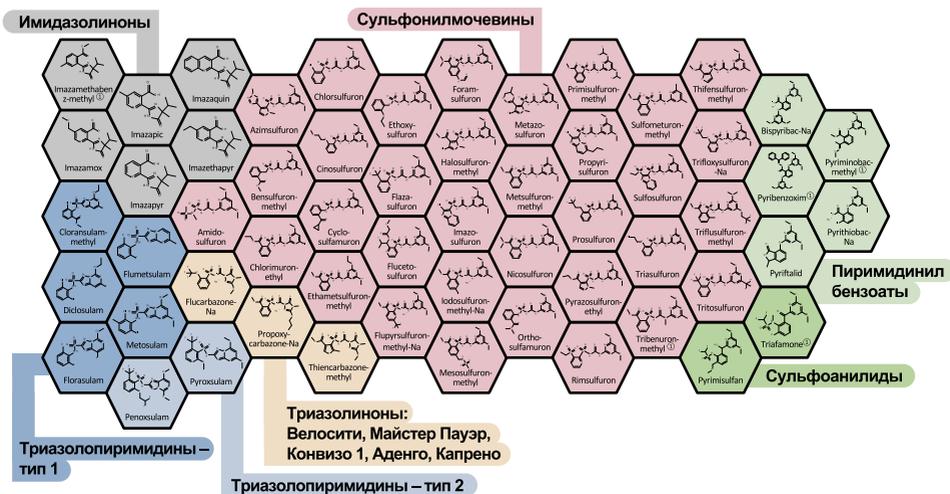
Механизм действия (MoA — mode of action)

Все взаимодействия гербицидов с растением от применения до конечного эффекта считаются механизмом действия. Механизм действия включает: всасывание в растение, транслокацию или движение в растении, метаболизм гербицида и физиологическую реакцию растений.

Место действия (SoA — site of action), или мишень

Место действия (МД) гербицида — это особый процесс в растениях, который гербицид нарушает, чтобы помешать росту и развитию растений. МД является наиболее важным аспектом при работе с профилактикой и борьбой с устойчивыми к гербицидам сорняками.

Классификация — на примере АЛС Ингибиторы Ацетолактат Синтетазы (HRAC Группа 2)



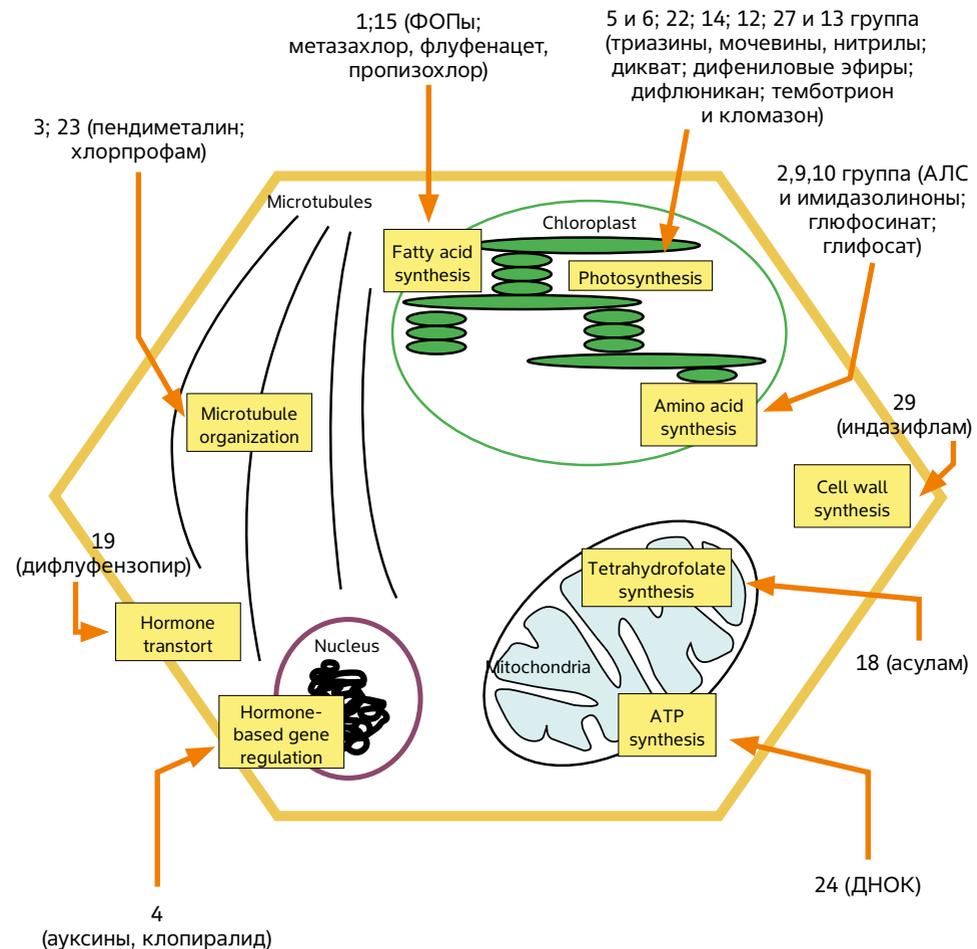
Пример оформления этикетки в РФ по международной классификации HRAC



Фенил-эфир + АЛС + АЛС

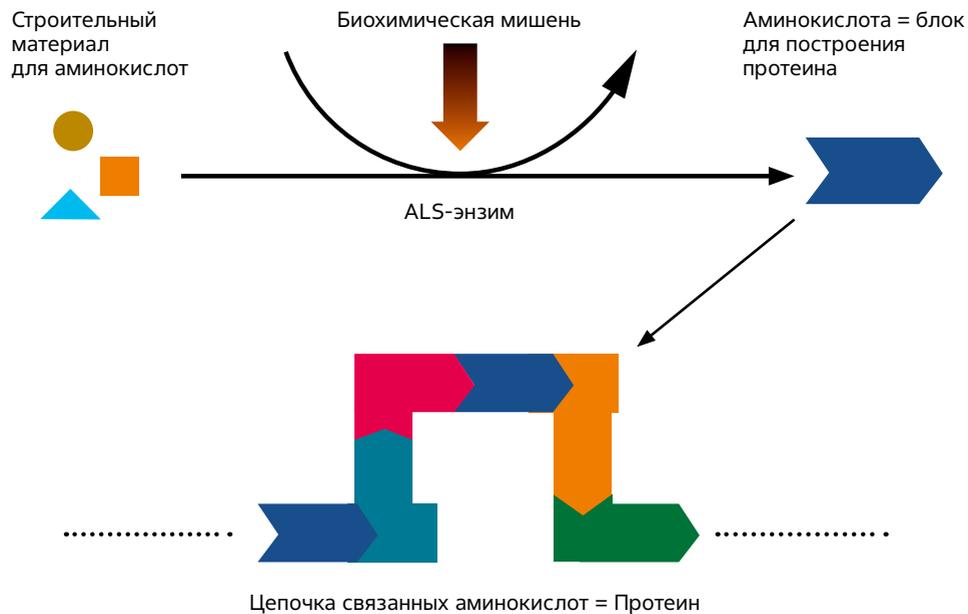
2 механизма действия: помогают преодолеть устойчивость у сорняков в конкретной культуре.

Основные механизмы действия (мишень) гербицидов находятся в хлоропластах (HRAC)



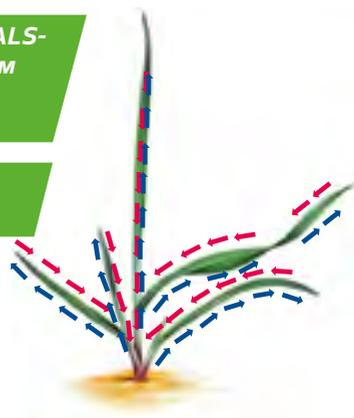
Механизм гербицидного действия АЛС-ингибиторов

Ингибирование фермента ацетолактатсинтетазы (ALS)



В неблагоприятных погодных условиях работа ALS-ингибиторов снижается, поскольку этот механизм действия эффективен применительно к активно растущим сорнякам.

Накапливается в точках роста, включая «спящие» почки корневищных и корнеотпрысковых сорняков.



Как развивается устойчивость к гербицидам?



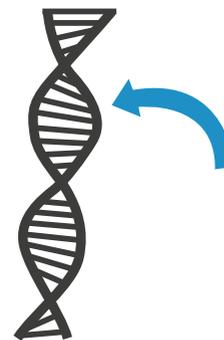
1. Один и тот же гербицид или даже другой хим. класс, но с таким же местом действия (МД), приводит к развитию устойчивости сорняков.

2. Нет севооборота, нет ротации МД и т. д.

Механизмы развития устойчивости сорняка к гербицидам и ее виды

Механизмы резистентности в механизме действия (мишень)

- // Мутация в месте действия (ММД) — высокие нормы гербицидов.
- // Увеличение копирования генов.
- // Сверхэкспрессия фермента.



Устойчивость, не вызванная действием на гены

- // Ускоренный метаболизм (УМ) — низкие нормы гербицидов
- // Дифференциальное поглощение.
- // Дифференциальное перераспределение.
- // Секвестрация.
- // Задержка прорастания.
- // Быстрый некроз/дефолиация.
- // Мимикрия.



Как работает «Ускоренный метаболизм» (УМ), или метаболическая устойчивость

Нормы гербицидов могут изменить эволюцию устойчивости



Необходимо использовать максимальные нормы расхода препаратов согласно регламенту для предотвращения УМ

Выработка устойчивости в результате ускоренного метаболизма

Почему ускоренный метаболизм (УМ) — большая проблема, чем мутация в месте действия?

Зависит ли УМ от места действия гербицида?

- // Есть вероятность несрабатывания нового МД на сорняки с таким типом устойчивости.
- // Преодолеть УМ намного сложнее, чем ММД.
- // УМ зависит от молекулярной структуры, а не места действия (МД).

Изменение МД обычно может решить проблему устойчивости мутаций в месте действия (ММД)

HRAC	Подгруппа	Есть устойчивость	Нет устойчивости
1	А (фоп)	Диклофоп-метил	Феноксопроп-п-этил Галоксифоп Квизалофоп-эт
	Ц (дим)	Тралкоксидим	Сетоксидин
	П (ден)	—	Пиноксаден
2	АЛС (су)	Хлорсульфурон	Йодосульфурон Мезосульфурон-метил

Влияние технологии ГМО (глифосат, глюфосинат и т. п.)

Легко в использовании, эффективно?

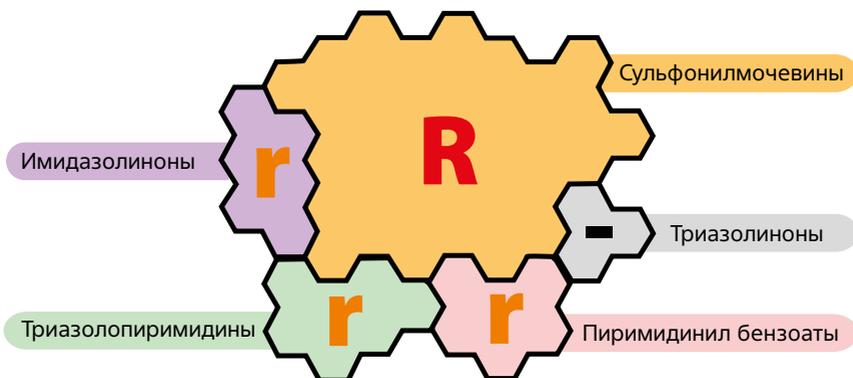


- // ГМО обеспечили беспрецедентный успех в истории сельского хозяйства, способствовали дальнейшему распространению No-till, снизили затраты на борьбу с сорняками.
- // Применение ГМО упростило борьбу с сорняками (1 гербицид, 2—3 применения).
- // Вследствие развития технологии многие компании отказались от исследования и создания новых гербицидов, что в итоге привело к массовому развитию резистентности и потерям знаний в области обработки почвы и борьбы с сорняками.

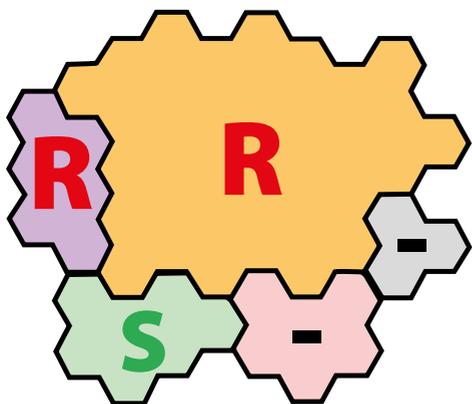
Механизмы устойчивости к гербицидам АЛС-гербицидам (Мутация в месте действия — ММД)

Различные мутации имеют разные биологические последствия.

Мутация к АЛС:
Pro 197, Ala, Arg, Ser, Thr.



Мутация: Pro 197 LEU



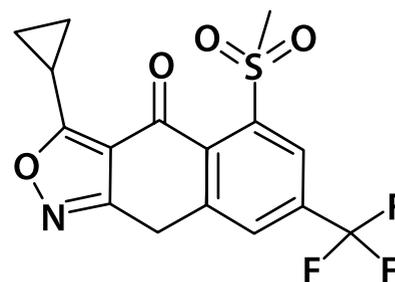
R – устойчивый
r – слабо устойчивый
S – чувствительный
-- не тестировался

Примеры мутаций:

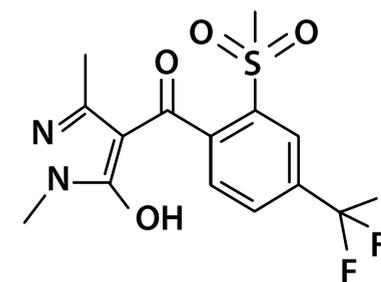
Ala 122	Имидазолиноны
Pro 197	В основном сульфонилмочевины
Ala 205	Сульфонилмочевины и имидазолиноны
Asp 376	Все АЛС
Trp 574	Все АЛС
Ser 653	В основном имидазолиноны

Ингибиторы 4-гидрокси-финил-пируват-диоксигеназы (HPPD) — группа HRAC 27. «Отбеливатели»

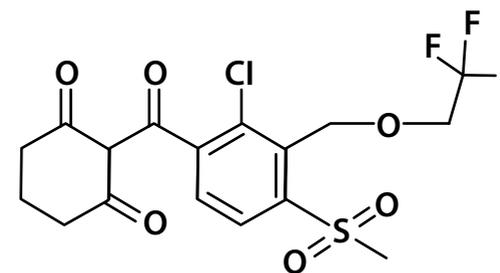
Изоксафлютол, темботрион, топрамезон, пирасульфотол, сулькотрион, мезотрион, тефурилтрион



Изоксафлютол:
Мерлин Флекс, Аденго



Пирасульфотол



Темботрион:
Лаудис, Капрено

// Являются новым инструментом по контролю сорняков в кукурузе, устойчивых к АЛС.

// Гербициды широкого спектра действия против двудольных и злаковых сорняков (кукуруза, рис, зерновые).

// Нарушают биосинтез каротиноидов.

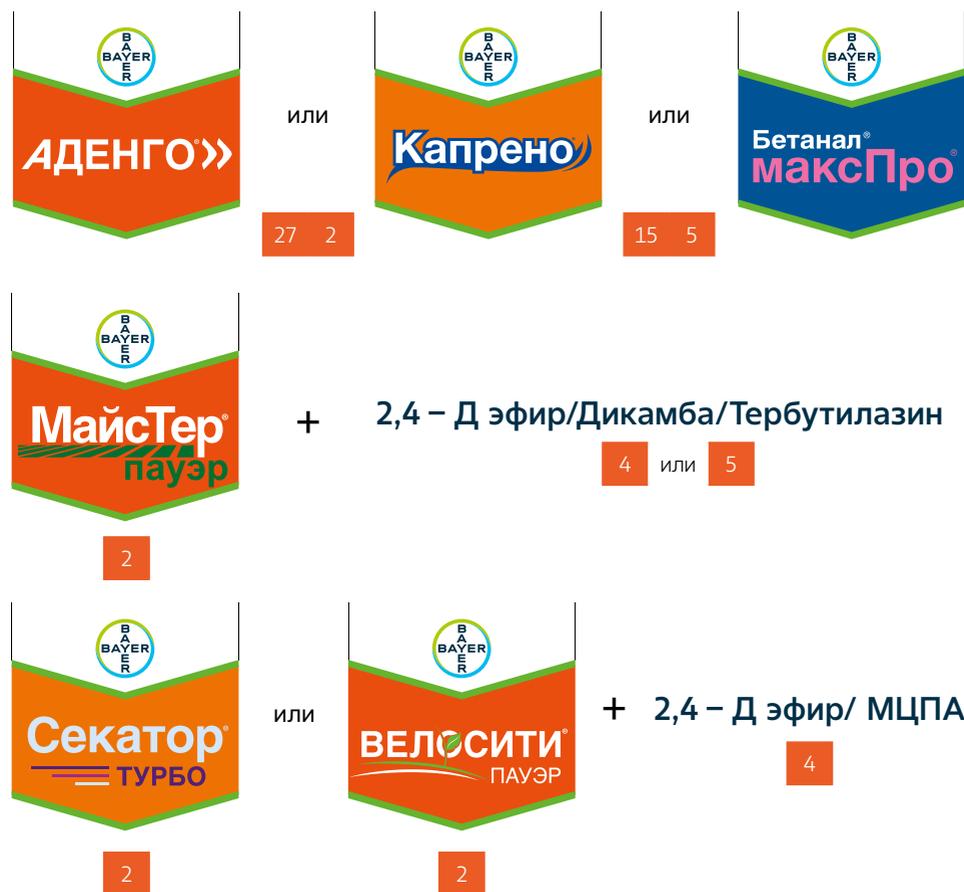
// Контролируют падалицу культур по технологии Clearfield®, КОНВИЗО® СМАРТ и Express® Sun.

Динамика устойчивости к гербицидам в поле

Смеси различных и эффективных МД могут отсрочить резистентность.

При использовании баковых смесей или готовых препаратов гербицидов в 83 раза менее вероятно развитие резистентности, чем при применении одного МД в ротации в севообороте.

Пример использования:



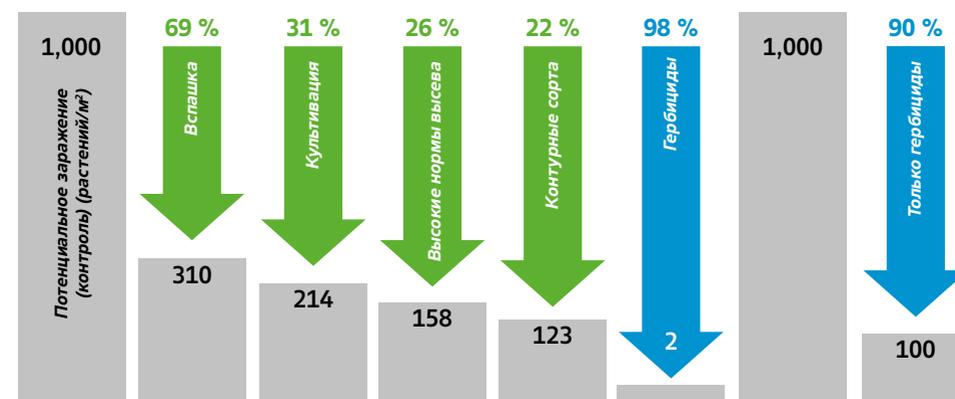
Каждый гербицид должен обладать полной активностью по отношению к целевым видам (и полной нормой расхода). Доказано результатами исследований на щирице бугорчатой (*Amaranthus tuberculatus*) в округе Иллинойс со средним применением 2,5 механизмов действия (МД) в год/поле.

Source: Evans et al., 2016

Основные принципы нехимического контроля сорной растительности

Влияние агротехнических методов на борьбу с сорняками

Комплексные подходы, сочетающие химические и нехимические меры, помогают бороться с сорняками.



Лисохвост
(*Alopecurus myosuroides*)

Нехимические меры:

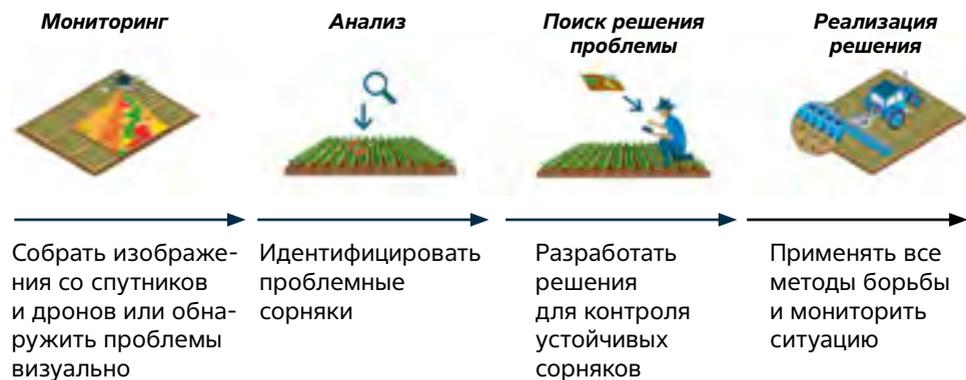
- // Уменьшают плотность сорняков, чтобы помочь сделать работу гербицидов проще.
- // Уменьшают селекцию устойчивых сорняков.

Нехимические методы

- // **Севооборот:** оптимальный баланс озимых и яровых культур (двудольные и злаковые культуры).
- // Использование покровных культур/занятого пара (сидераты), чистых паров (механический + гербициды сплошного действия).
- // **Вспашка:** влияет на уничтожение многих сорняков, например, подмаренника, дурмана, злаков, но не влияет на марь, ярутку, щирицу.
- // Междурядные обработки (пропашные культуры).
- // Предпосевная культивация, лущение стерни, мульчирование.
- // Поздний посев (например, озимые культуры).
- // Выпас скота.
- // Использовать только перепревший навоз.

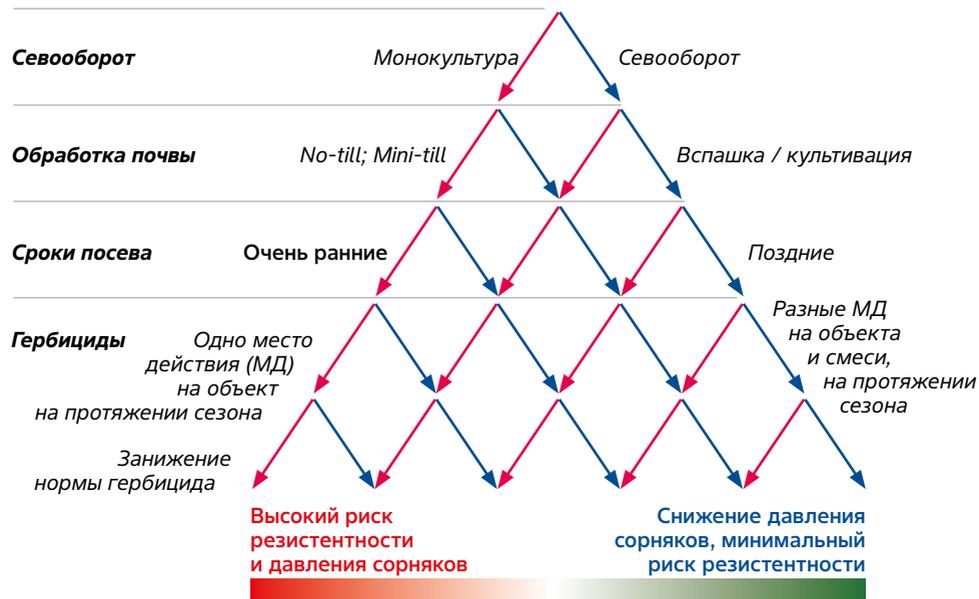
Интегрированные методы контроля сорняков

В управлении сорняками необходимо рассмотреть 4 ключевых шага, чтобы снизить производственные затраты на уровне хозяйства.



Интегрированная система защиты от сорняков

Риски и анализ стратегии



Что еще можно сделать, чтобы справиться с устойчивостью?

Нужно посмотреть на историю поля и добавить несколько нехимических методов к мерам химической борьбы.

- Вспашка** → Закапывает семена, борется с сорняками.
- Севооборот** → Увеличивает варианты возможных для использования разных гербицидов, лучше всего использовать внесезонный урожай для борьбы с сорняками.
- Поздний посев** → Уничтожение рановсходящих сорняков предпосевной культивацией, лушение стерни, мульчирование.
- Гербицидная программа** → Смеси, ротация, разные места действия на сорняки.
- Условия применения гербицидов** → Оптимальные условия, норма расхода воды, распылители, ветер, адьюванты и т. д.
- Границы поля** → Поиск потенциальных источников повторного заражения сорняками.
- Сельскохозяйственная техника** → Перенос семян сорняков с техникой.
- Устойчивое развитие на ферме/в районе/в регионе** → Проявляйте дополнительную бдительность; делайте все возможное, чтобы ограничить распространение; работайте вместе с соседями.

Пример короткого полевого севооборота и ротации МД при наличии резистентности

Контроль устойчивой щирницы, амброзии, мари

Севооборот (по годам)	1. Озимая пшеница	2. Соя	3. Кукуруза	4. Озимая пшеница	5. Соя	6. Кукуруза
HRAC группы**	2, 4, 12*, 5, 6* А) весна или Б) осень	А) До всходов 13+5 Б) По всходам 6, 14, 13 2 и 5 год севооборота можно обойтись без 2 группы	А) До всходов 27+2, 27, 5 Б) По всходам 27+2 и 2, 27, 5, 4, 19 HRPD	2, 4, 12*, 5, 6* А) весна или Б) осень	А) До всходов 13+5 Б) По всходам 6, 14, 13 2 и 5 год севооборота можно обойтись без 2 группы	А) До всходов 27, 2 Б) По всходам 27+2 HRPD
А) Велосити® Пауэр или Секатор® Турбо + Мушкет® Плюс / МЦПА/2,4 Д /Бентазон	А) Зенкор® Ультра + Кломазон, МКС	А) Мерлин® Флекс	А) Велосити® Пауэр или Секатор® Турбо + МЦПА/2,4 Д /Бентазон	А) Зенкор® Ультра + Кломазон, МКС	А) Мерлин® Флекс или Аденго®***	
Б) Алистер® Гранд *	Б) Бентазон + Меро® / Ацифлуорофен + Бентазон + Меро®	Б) МайТер® Пауэр + Мушкет® Плюс + 2,4 Д /Тербутилазин	Б) Алистер® Гранд *	Б) Бентазон / Меро® + Кломазон, МКС + Меро® / Ацифлуорофен + Бентазон + Меро®	Б) или Капрено® + Меро® / Лаудис® + Меро®	

* рекомендуется осеннее применение гербицидов.

** до всходов на полевых культурах при необходимости можно применять **9 и 22 места действия (глифосат, дикват)**.

*** Применяем **Мерлин® Флекс** или **Аденго®** в 2—3 листа или до всходов. Либо применяем страховые гербициды **Капрено®** или **Лаудис®**.

2 АЛС (сульфонилмочевины, триазолиноны)

3 пендиметалин

4 ауksины, клопиралид, аминопиралид

5 метрибузин, тербутилазин, ленацил

6 бентазон

12 дифлуофеникан

13 кломазон

14 флумиоказин

15 флуфенацет, пропизохлор, металахлор, диметамид — не работают по щирнице.

По щирнице — металахлор, этофумезат

19 дифлуфензопир

27 темботрион, изоксафлутол

Пример короткого севооборота с сахарной свёклой и ротации МД при наличии резистентности

Контроль устойчивой щирницы, амброзии, мари

Севооборот (по годам)	1. Сахарная свёкла	2. Озимая пшеница	3. Озимая пшеница	4. Сахарная свёкла	5, 6. Озимая пшеница	7. Сахарная свёкла
HRAC группы**	А) До всходов 13 + 5, 15 Б) По всходам 2, 4, 23, 5, 15 2, 4 и 5 год севооборота можно обойтись без 2 группы	2, 4, 12*, 5, 6* А) весна или Б) осень 2 и 5 год севооборота можно обойтись без 2 группы	2, 4, 12*, 5, 6* А) весна или Б) осень	А) До всходов 13 + 5, 15 Б) По всходам 2, 4, 13, 5, 15, 23 2, 4 и 5 год севооборота можно обойтись без 2 группы	—	А) До всходов 13 + 5, 15 Б) По всходам 2, 4, 13, 5, 15, 23
Б) Конвизо® 1 + Бетанал® максПро / Бетанал® Эксперт	А) МЦПА/2,4 Д /дикамба + Бентазон /карфентразон	А) Велосити® Супер + МЦПА/2,4 Д или МЦПА/2,4 Д /дикамба + Бентазон /Карфентразон	А) Велосити® Супер + МЦПА/2,4 Д или МЦПА/2,4 Д /дикамба + Бентазон /Карфентразон	А) Кломазон, МКС		Б) Конвизо® 1 + Бетанал® максПро / Бетанал® Эксперт

* рекомендуется осеннее применение гербицидов.

** до всходов на полевых культурах при необходимости можно применять **9 и 22 места действия (глифосат, дикват)**.

2 АЛС (сульфонилмочевины, триазолиноны)

3 пендиметалин

4 ауksины, клопиралид, аминопиралид

5 метрибузин, тербутилазин, ленацил, метамитрон

6 бентазон

13 кломазон

14 флумиоказин

15 флуфенацет, пропизохлор, металахлор, диметамид — не работают по щирнице.

По щирнице — металахлор, этофумезат

19 дифлуфензопир

27 темботрион, изоксафлутол

Пример короткого севооборота с подсолнечником и ротации МД при наличии резистентности

Контроль устойчивой щиррицы, амброзии, мари

Севооборот (по годам)	1. Подсолнечник	2. Соя	3. Озимая пшеница	4. Кукуруза	5. Подсолнечник	6. Соя
HRAC группы**	А) До всходов 5 + 15, 32 + 5 Б) По всходам 32, 4, 5, 15	А) До всходов 13+5, 13+3 Б) По всходам 6, 14, 13	2, 4, 12*, 5, 6* А) весна или Б) осень	А) До всходов 27 или 27+2 Б) По всходам 27+2. HRPD или 2.	Б) По всходам 2 или 2+32, 2+15	1, 2, 6 год севооборота можно обойтись без 2 группы
А) Бандур® + тербутилазин или Бандур® + пропизохлор	А) Артист® или Зенкор® Ультра + Кломазон, МКС	А) Велосити® Пауэр или Секатор® Турбо + МЦПА/2,4 Д	А) Мерлин® Флекс или Аденго® ***	А) Бандур® + тербутилазин или Бандур® + пропизохлор		
Б) Бандур® + Фуроре® Ультра или тербутилазин	Б) Бентазон + Меро® / Бентазон + Кломазон, МКС + Меро® / Ацифлуорофен + Бентазон + Меро®	Б) Алистер® Гранд *	Б) Капрено® или Майстер® Пауэр или Лаудис®	Б) Express Sun + Бандур® Clearfield + Бандур®		

* рекомендуется осеннее применение гербицидов.

** до всходов на полевых культурах при необходимости можно применять **9 и 22 места действия (глифосат, дикват)**.

*** Применяем **Мерлин Флекс®** или **Аденго®** в 2—3 листа или до всходов. Либо применяем страховые гербициды **Капрено®** или **Майстер® Пауэр**.

2 АЛС (сульфонилмочевины, триазолиноны)

3 пентиметалин

4 ауксины, клопиралид, аминопиралид

5 метрибузин, тербутилазин, ленацил, метамитрон

6 бентазон

12 дифлофеникан

13 кломазон

14 флумиоксазин

15 флуфенацет, пропизохлор, металахлор, диметамид — не работают по щиррице.

По щиррице — метазахлор, этофумезат

19 дифлуфензопир

23 хлорпрофам

27 темботрион, изоксафлутол

Пример монокультуры кукурузы и ротации МД при наличии резистентности. Гумай: проблема №1 на Кавказе и Южной Европе

Контроль устойчивого гумая, просовидных, видов щиррицы, амброзии, мари

Севооборот (по годам)	1. Кукуруза	2. Кукуруза	3. Кукуруза	4. Кукуруза	5. Чистый пар	6. Кукуруза
HRAC группы**	А) Раннее послевсходов 27 Б) По всходам 27	А) До всходов-посева 1/9 Б) По всходам 5 и 13	А) Раннее послевсходов 27 Б) По всходам 27	А) До всходов-посева 1/9 Б) По всходам 5 и 13		Б) По всходам 2 + 4
А) Мерлин® Флекс	А) Провокация прорастания ГУМАЯ. Поздний посев с коротким ФАО.	А) Мерлин® Флекс	А) Провокация прорастания ГУМАЯ. Поздний посев с коротким ФАО.	А) Провокация прорастания ГУМАЯ. Поздний посев с коротким ФАО.	Чистый пар	
Б) Лаудис® + Меро®	Б) Тербутилазин + Кломазон + Меро® ***	Б) Лаудис® + Меро®	Б) Лаудис® + Меро®	Б) Тербутилазин + Кломазон + Меро® ***	Чистый пар	Б) Майстер® Пауэр + Мушкет® Плюс / 2,4 Д/Дикамба

** до всходов на полевых культурах при необходимости можно применять **9 и 22 места действия (глифосат, дикват)**.

*** рекомендуется включить пропашную культуру (ФОП/ДИМ 1 группа) или зерновые без применения АЛС/HRPD (2/27 группа) + агротехника.

2 АЛС (сульфонилмочевины, триазолиноны)

3 пентиметалин

4 ауксины, клопиралид, аминопиралид

5 метрибузин, тербутилазин, ленацил

6 бентазон

12 дифлофеникан

13 кломазон

14 флумиоксазин

15 флуфенацет, пропизохлор, металахлор, диметамид — не работают по щиррице.

По щиррице — метазахлор, этофумезат

19 дифлуфензопир

27 темботрион, изоксафлутол

Выводы

- // Устойчивость к сорнякам является **глобальной проблемой** и продолжает увеличиваться.
- // **Постоянное применение** гербицидов влияет на эволюцию резистентности у сорняков.
- // **Низкие дозы гербицидов** (без других мер) приводят к метаболической устойчивости (ускоренный метаболизм).
- // **Метаболическая устойчивость** связана с **химической структурой**, а не с механизмом действия.
- // Преодоление (восстановление чувствительности популяции) резистентности требует намного больше времени, чем ее **развитие**.

Интегрированный подход нехимических мер с химическими принесет долгосрочные выгоды!



Резистентность вредителей к инсектицидам (IRAC)

Классификация инсектицидов/акарицидов по IRAC

 МОВЕНТО®
ЭНЕРДЖИ

ГРУППА

23

4A

ИНСЕКТИЦИД

Классификация IRAC. Версия 10.3 от июня 2022 года

Механизм действия (МД)	Подгруппы — химический класс	Действующее вещество (Д.В.)
1 Acetylcholinesterase (AChE) inhibitors Nerve action {Strong evidence that action at this protein is responsible for insecticidal effects}	1A Carbamates	Alanycarb, Aldicarb, Bendiocarb, Benfuracarb, Butocarboxim, Butoxycarboxim, Carbaryl, Carbofuran, Carbosulfan, Ethiofencarb, Fenobucarb, Formetanate, Furathiocarb, Isoprocarb, Methiocarb, Methomyl, Metolcarb, Oxamyl, Pirimicarb, Propoxur, Thiodicarb, Thiofanox, Triazamate, Trimethacarb, XMC, Xylylear
	1B Organophosphates	Acephate, Azamethiphos, Azinphos-ethyl, Azinphos-methyl, Cadusafos, Chlorethoxyfos, Chlorfenvinphos, Chlormephos, Chlorpyrifos, Chlorpyrifos-methyl, Coumaphos, Cyanophos, Demeton-S-methyl, Diazinon, Dichlorvos/ DDVP, Dicrotophos, Dimethoate, Dimethylvinphos, Disulfoton, EPN, Ethion, Ethoprophos, Famphur, Fenamiphos, Fenitrothion, Fenthion, Fosthiazate, Heptenophos, Imicyafos, Isofenphos, Isopropyl O-(methoxyaminothio-phosphoryl) salicylate, Isoxathion, Malathion, Mecarbam, Methamidophos, Methidathion, Mevinphos, Monocrotophos, Naled, Omethoate, Oxydemeton-methyl, Parathion, Parathion-methyl, Phenthoate, Phorate, Phosalone, Phosmet, Phosphamidon, Phoxim, Pirimiphos-methyl, Profenofos, Propetamphos, Prothiofos, Pyraclofos, Pyridaphenthion, Quinalphos, Sulfotep, Tebupirimfos, Temephos, Terbufos, Tetrachlorvinphos, Thiometon, Triazophos, Trichlorfon, Vamidothion
2 GABA-gated chloride channel blockers Nerve action {Strong evidence that action at this protein is responsible for insecticidal effects}	2A Cyclodiene Organochlorines	Chlorinade, Endosulfan
	2B Phenylpyrazoles (Fiproles)	Ethiprole, Fipronil

Классификация IRAC. Версия 10.3 от июня 2022 года

Механизм действия (МД)	Подгруппы — химический класс	Действующее вещество (Д.В.)
3 Sodium channel modulators Nerve action {Strong evidence that action at this protein is responsible for insecticidal effects} Протеус® , Децис® Эксперт	3A Pyrethroids Pyrethrins	Acrinathrin, Allethrin, <i>d-cis-trans Allethrin</i> , Bifenthrin, Bioallethrin, Bioallethrin S-cyclopentenyl isomer, Bioresmethrin, Cycloprothrin, Cyfluthrin, <i>beta</i> -Cyfluthrin, Cyhalothrin, <i>lambda</i> -Cyhalothrin, <i>gamma</i> -Cyhalothrin, Cypermethrin, <i>alpha</i> -Cypermethrin, <i>beta</i> -Cypermethrin, <i>theta</i> -Cypermethrin, <i>zeta</i> -Cypermethrin, Cyphenothrin, (1R)-trans- isomers], Deltamethrin, Empenthrin (<i>EZ</i>)- (1R)- isomers], Esfenvalerate, Etofenprox, Fenpropathrin, Fenvalerate, Flucythrinate, Flumethrin, <i>tau</i> -Fluvalinate, Halfenprox, Imiprothrin, Kadethrin, Permethrin, Phenothrin [(1R) <i>trans</i> - isomer], Prallethrin, Pyrethrins (pyrethrum), Resmethrin, Silafluofen, Tefluthrin, Tetramethrin, Tetramethrin [(1R)-isomers], Tralomethrin, Transfluthrin.
	3B DDT Methoxychlor	DDT Methoxychlo
4 Nicotinic acetylcholine receptor (nAChR) competitive modulators Nerve action {Strong evidence that action at this protein is responsible for insecticidal effects} Конфидор® Экстра , Биская® , Эместо® Квантум , Протеус®	4A Neonicotinoids	Acetamiprid, Clothianidin, Dinotefufan, Imidacloprid, Nitenpyram, Thiacloprid, Thiamethoxam
	4B Nicotine	Nicotine
	4C Sulfoximines	Sulfoxaflor
	4D Butenolides	Flupyradifurone
	4E Mesoionics	Triflumezopyrim
4F Pyridylidenes	Flupyrimin	
5 Ryanodine receptor modulators Nerve and muscle action {Strong evidence that action at this protein is responsible for insecticidal effects} Белт® , Вайего®*	Diamides	Chlorantraniliprole, Cyantraniliprole, Cyclaniliprole Flubendiamide, Tetraniliprole

* Вайего® зарегистрирован в СНГ

Базовые рекомендации IRAC

Устойчивый



Увеличение дозировки

Сниженная дозировка Дозировка по регламенту

Среднеустойчивый



Увеличение дозировки

Сниженная дозировка Дозировка по регламенту

Чувствительный



Увеличение дозировки

Сниженная дозировка Дозировка по регламенту

// 1. Низкие нормы расхода приводят к более быстрому развитию резистентности (экономия, неверная регистрация и применение).

// 2. Нужно использовать рекомендованные нормы расхода на вредный объект.

// 3. Проводить мониторинг развития и распространения вредителей: визуальный осмотр, феромониторинг, использование суммы эффективных температур (СЭТ).

// 4. По рекомендации IRAC (международный комитет по резистентности): применения любой группы препаратов в схеме защиты не более 30% от всех планируемых обработок.



Применение высоких норм может повлиять на полезные организмы

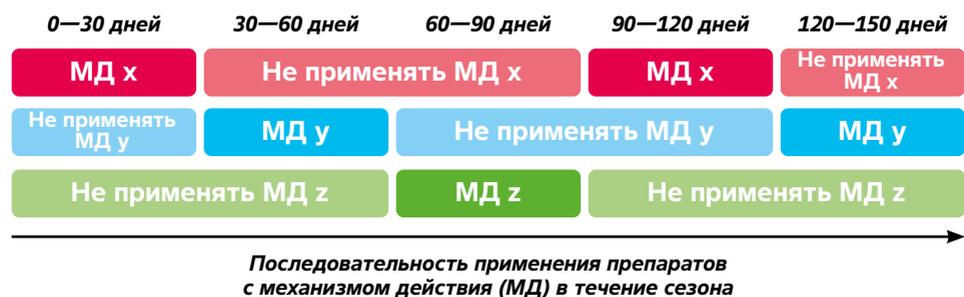
Химические меры борьбы на примере контроля томатной моли

// Ротация хим. классов по каждому поколению моли по запланированной схеме — попадать в так называемое «Окно обработок по механизму действия» («Window»).

// «Окно обработок» обычно составляет 30 дней, что соответствует одному поколению моли.

// В течение одного «Окна обработок» можно использовать несколько препаратов с разным механизмом действия (X, Y, Z), но в последующие два-три «Окна» (60-90 дней) требуется не использовать предыдущие механизмы действия.

Пример: Инсектицидный механизм действия (МД), подход «Окно обработок» — 150 дней развития культуры



Скорость развития гусеницы в днях в зависимости от температуры	
14 °C	76 дней
20 °C	40 дней
27 °C	24 дня

Modified from Barrientos et al. (1998)

Пример правильной ротации различных МД на полевой культуре против вредителей

- Почвообитающие вредители
 - Вредители, повреждающие стебель
 - Листогрызущие вредители
 - Вредители генеративных органов
- * Coleoptera
 ** Hemiptera
 *** Lepidoptera



// Ранний контроль вредителя в начале заселения, начало отрождения и достижения ЭПВ.

// В первой половине вегетации использовать инсектициды «широкого спектра» на фоне недостаточной листовой массы, отсутствия энтомофагов, низких температур воздуха до 30 °C. (примеры: пиретройды, ФОС, некоторые неоникотиноиды — зависит от вида вредителя, карбаматы).

// Во второй половине вегетации применяются специализированные кишечные препараты против грызущих или сосущих вредителей на фоне достаточной листовой массы, высоких температур 30 °C и более, увеличение численности энтомофагов. (примеры: диамиды, авермектины, кетоенолы, ингибиторы синтеза хитина и т. д.)

Примеры ротации МД инсектицидов

1 год 1-е поколение 2-е поколение	2 год 1-е поколение 2-е поколение	✗	Без ротации: высокий риск развития устойчивости, не восстанавливается чувствительная популяция.
1 год 1-е поколение 2-е поколение	2 год 1-е поколение 2-е поколение	✗	Ротация в цикле каждого поколения вредителя: Риск развития устойчивости к 2 Д.В. Отбор идет во всех поколениях.
1 год 1-е поколение 2-е поколение	2 год 1-е поколение 2-е поколение	✓	Ротация между поколениями вредителя (в рамках одного окна): Разрыв отбора между поколениями. Возможность восстановления чувствительной популяции.
1 год 1-е поколение 2-е поколение	2 год 1-е поколение 2-е поколение	✓	Ротация МД между поколениями вредителя (в рамках одного окна) и внутри каждого поколения: Идеальный вариант снижения фактора отбора на популяцию вредителя. Мало разных МД на рынке на выбор.

↑ МД 1 ↑ МД 2 ↑ МД 3 ↑ МД 4

Требования по применению подгрупп инсектицидов

Окно применения против 1-го поколения вредителя Механизм действия 22 ГРУППА 22А ИНСЕКТИЦИД	Окно применения против 2-го поколения вредителя Механизм действия 22 ГРУППА 22В ИНСЕКТИЦИД	✗	Инструкция по использованию подгрупп Запрещено использование аналогичного МД по разным поколениям.
Механизм действия 22 ГРУППА 22В ИНСЕКТИЦИД	Механизм действия 22 ГРУППА 22А ИНСЕКТИЦИД	✗	Применение одинаковых МД из разных подгрупп приводит к быстрому отбору по одной «Мишени».
Механизм действия 22 ГРУППА 22А ИНСЕКТИЦИД	Механизм действия 11 ГРУППА 11 ИНСЕКТИЦИД	✓	Ротация одинаковых МД из разных подгрупп по поливольтиным видам возможно, если нет альтернативы другого МД. Желательно менять МД.

← Применение против одного и того же вредителя →

Если обнаружена и доказана устойчивость к конкретному МД, следует исключить данный МД из обработок в данном хозяйстве!

Требования по применению смесевых препаратов или баковых смесей

Стратегия ротации

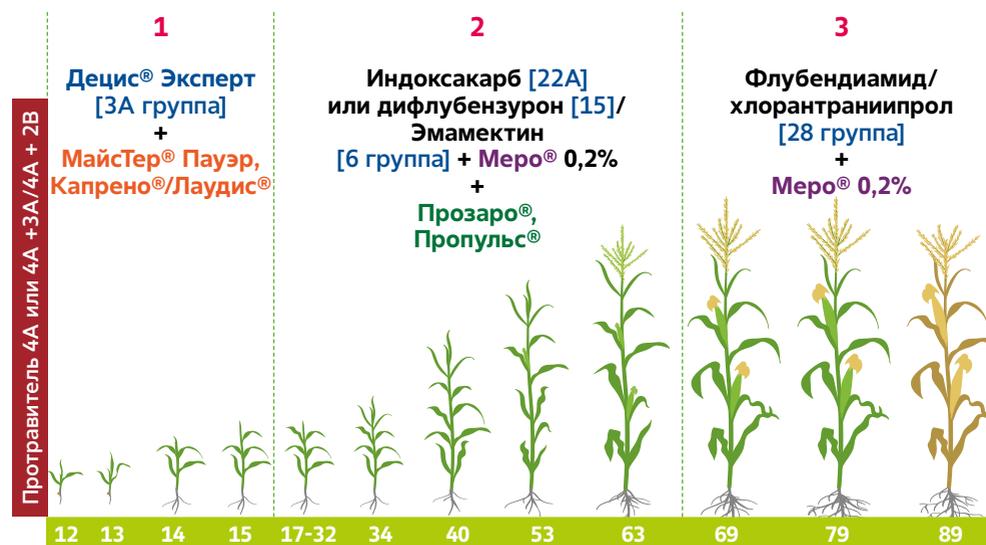
Окно применения против 1-го поколения вредителя Механизм действия А+В ГРУППА 3 ИНСЕКТИЦИД ГРУППА 28 ИНСЕКТИЦИД	Окно применения против 2-го поколения вредителя Механизм действия А+В ГРУППА 3 ИНСЕКТИЦИД ГРУППА 28 ИНСЕКТИЦИД	✗	Не повторять обработки смесевым препаратом по каждому поколению вредителя («Окно»).
Механизм действия А+В ГРУППА 3 ИНСЕКТИЦИД ГРУППА 28 ИНСЕКТИЦИД	Механизм действия А+В ГРУППА 3 ИНСЕКТИЦИД	✗	Не использовать такой же МД по каждому из поколений.
Механизм действия А+В ГРУППА 3 ИНСЕКТИЦИД ГРУППА 28 ИНСЕКТИЦИД	Механизм действия С ГРУППА 5 ИНСЕКТИЦИД	✓	Используйте ротацию смесевых препаратов с разным МД.

← Применение против одного и того же вредителя →

Примечание: смеси становятся менее эффективными, если выработалась резистентность к одному из Д.В.

Следует избегать смеси разных МД, если к двум МД есть кросс-резистентность на генном уровне у особи вредителя в конкретной популяции.

Защита кукурузы для предотвращения развития резистентности у хлопковой совки/кукурузного мотылька (IPM)





1. Соблюдаем требования по резистентности (IRAC): диамиды и т. д. — не более 30% от всех обработок. Применять строго не в смесях.

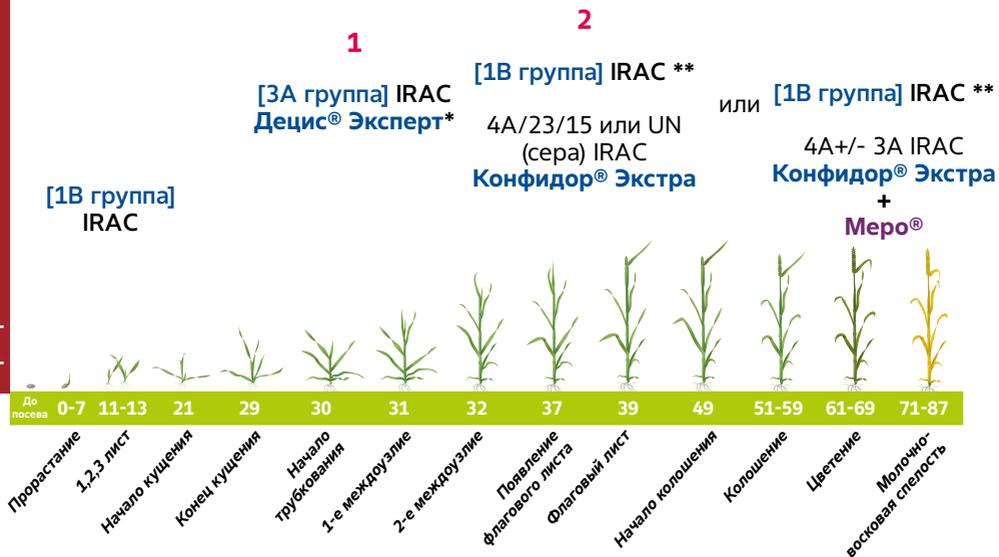
2. Не применять 1А/1В группу до и после сульфонилмочевин 2—3 недели на злаковых культурах.

ЭНТОМОФАГИ



Защита озимой пшеницы при 3-х кратной обработке для предотвращения развития резистентности

Протравитель 4А или 4А +3А/4А + 2В



** Не применять 1А/1В группу до и после сульфонилмочевин 2—3 недели на злаковых культурах.
* Не применять 4А группу (если был такой МД в протравителе).

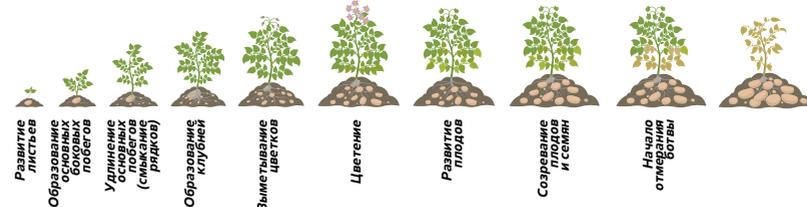
** ФОС лучше применять по колосу, всходам зерновых. Либо менять МД гербицидов или переходить на осеннюю хим. прополку.

Инсектицидная система защиты картофеля против колорадского жука, согласно антирезистентной стратегии IRAC. Юг России.

1 посадка

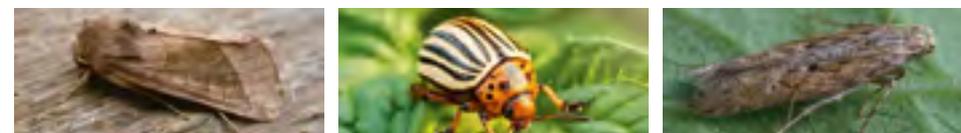
Эместо® Квантум

4А*



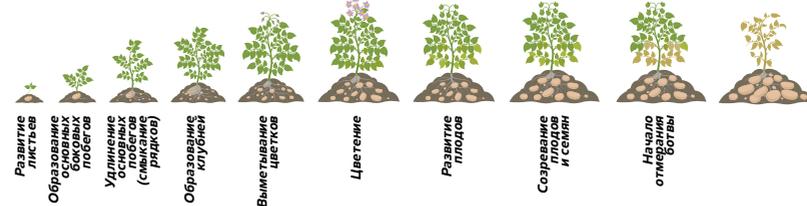
Совки-Имаго, колорадский жук, картофельная моль

2В, 5, 6, 22А, 3А; +/- 11А ** (Bacillus thuringiensis)



2 посадка

Эместо® Сильвер + 3А +/- 2В



Подгрызающие совки, картофельная моль, колорадский жук, проволочники

2В, 11А (Bacillus thuringiensis), 15, 1В/1А, *** Бискария®/Протеус®/Конфидор® Экстра 4А.



* Группу 4А применяем только на первой посадке (протравливание) и в конце вегетации второй посадки.
** Первая посадка: опрыскивание (2—4 обработки) отличными МД на первой посадке, не применять на 2-ой посадке данный МД.

*** Вторая посадка: опрыскивание (2—4 обработки) препаратами против жука, картофельной моли. **2В группу применяем в протравливание или в опрыскивание!** **4А применяем только в конце вегетации.**

Защита ярового рапса при 3-х кратной обработке для предотвращения развития резистентности от капустной моли



При сильной численности вредителя к хим. препаратам следует добавлять биопрепараты 11A/31/UN

Рекомендации по борьбе с молью

// 17,5—20 г/га дельтаметрина необходимо против капустной моли, других пиретроидов нужно в 2—10 раза больше по д.в./га.

// Имидаклоприд/тиаметоксам (30 дней последствие на пчел), диметоат/диазинон не работают по моли. Фипронил не работает на цветущих культурах, т. к. до 3—4 месяцев последствие на пчел. Смесевые препараты бесполезны — высокий риск резистентности и нет достаточной эффективности.

// Использовать только 2—3 класс опасности для пчел, начиная с бутонизации рапса.

// Проверять воду на pH при работе с ФОС/карбаматами (5,5—6 pH) и другими пестицидами.

// Работать по отрождению гусениц из яиц.



Выводы

- // Следует соблюдать рекомендации IRAC по применению инсектицидов в течение одной вегетации/сезона — не более 30% от общего количества обработок с одним и тем же МД.
- // Необходимо внедрять в системы защиты нехимические методы борьбы и биологические препараты/энтомофаги на всех с./х. культурах.
- // Требуется ротация МД с учетом всех видов вредителей на каждой культуре и каждой генерации вредителя (поливоль-тинные виды в приоритете для принятия решения о борьбе).
- // Проводить анализ и мониторинг вредителей в РФ и оценку их устойчивости.
- // Применять только эффективные нормы расхода инсектицидов и акарицидов.

Интегрированный подход нехимических мер с химическими принесет долгосрочные выгоды!

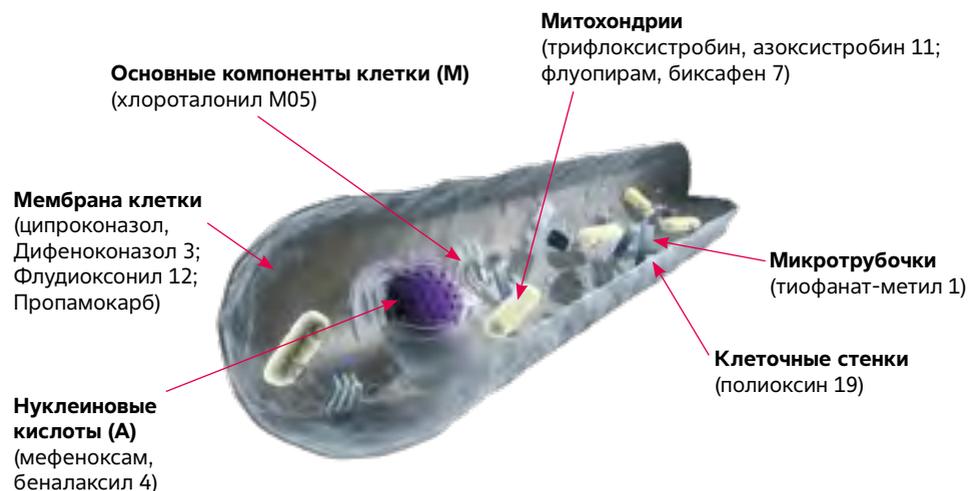




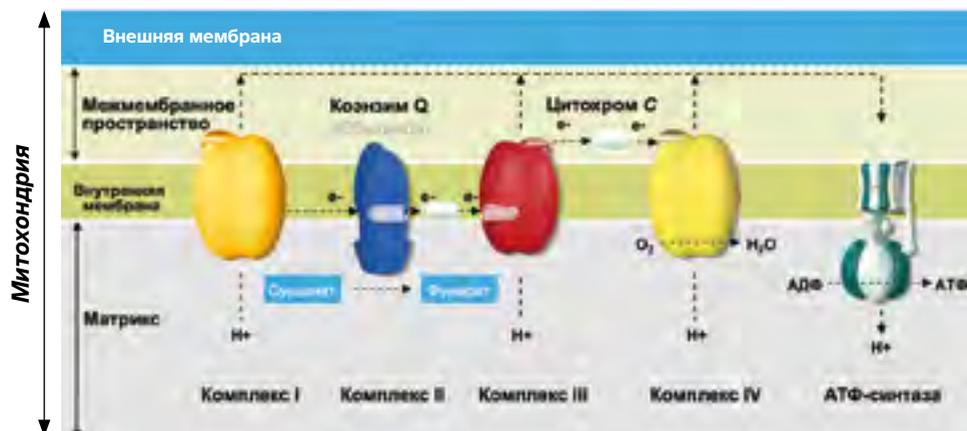
Резистентность

фитопатогенов к фунгицидам (FRAC)

Механизмы действия (МД) фунгицидов



Ингибиторы сукцинат дегидрогеназы (SDHI) во 2-м комплексе митохондриального дыхания (7 группа)



Возникновение практической устойчивости к фунгицидам в сельскохозяйственных культурах

Год первого установления резистентности	Химический класс фунгицидов	Количество лет использования до появления устойчивости	Основные культуры и патогены с установленной резистентностью	Случай
1960	Aromatic hydrocarbons	20	Болезни хранения цитрусовых, <i>Penicillium spp.</i>	1
1964	Organo-mercurials	10	Пятнистости зерновых, <i>Pyrenophora spp.</i>	2
1969	Dodine	2	Парша яблони, <i>Venturia inaequalis</i>	3
1970	Benzimidazoles	2	Различные патогены на всех культурах	4
1971	2-Amino-pyrimidines	2	Мучнистые росы огурца и ячменя, <i>Sphaerotheca fuliginea & Blumeria graminis</i>	5
1971	Kasugamycin	6	Пирикулярриоз, <i>Magnaporthe grisea</i>	6
1976	Phosphorothiolates	9	Пирикулярриоз, <i>Magnaporthe grisea</i>	6
1977	Triphenyltins	13	Церкоспороз свёклы, <i>Cercospora betae</i>	7
1980	Phenylamides	2	Фитофтороз и мильдю винограда, <i>Phytophthora infestans & Plasmopara viticola</i>	8
1982	Dicarboximides	5	Серая гниль винограда, <i>Botrytis cinerea</i>	9
1982	Sterol Demethylation inhibitors (DMIs)	7	Мучнистые росы огурца и ячменя, <i>S. fuliginea & Blumeria graminis</i>	10
1985	Carboxanilides	15	Пыльная головня ячменя, <i>Ustilago nuda</i>	11
1998	Quinone outside Inhibitors (QoIs; Strobilurins)	2	Различные патогены на всех культурах	12
2002	Malanin Biosynthesis Inhibitors (Dehydratase) (MBI-D)	2	Пирикулярриоз, <i>Magnaporthe grisea</i>	13

* References: 1. Eckert, 1982; 2. Noble *et al.* 1966; 3. Gilpatrick, 1982; 4. Smith, 1988; 5. Brent, 1982; 6. Kato, 1988; 7. Giannopolitis, 1978; 8. Staub, 1994; 9. Lorenz, 1988; 10. De. Waard, 1994; 11. Locke, 1986; 12. Heaney *et al.* 2000; 13. Kaku *et al.* 2003.

Источник: <https://www.frac.info/fungicide-resistance-management/background>

Сравнение действия фунгицидов разных химических групп на примере септориоза пшеницы



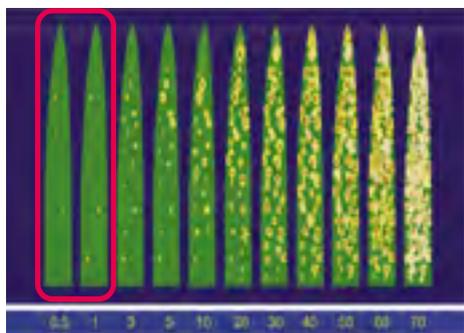
Стробилурины и SDHI (трансламинарные/системные)

Триазолы (системные)

Контактные фунгициды

Высокая активность Низкая активность или отсутствует

Характеристика химических классов



Стробилурины и SDHI: подавляют прорастание спор, проникновение гиф, озеленяющий эффект, споруляцию в меньшей степени. Не проявляют лечущего действия, обладают длительной защитой. Применять только профилактически.

Триазолы (системные): подавляет проникающие гифы, рост мицелия, образование апрессориев и гаусторий, формирование плодовых тел. Обладают лечущим и искореняющим действием.

Контактные фунгициды: подавляют прорастающие споры, обладают защитным действием. Некоторые проявляют антиспорулянтные свойства (Серенада® АСО, флуазинам, циазофамид, ипродион).

Классификация фунгицидов по FRAC



СОЛИГОР

ГРУППА

3

3

5

ФУНГИЦИД

Соблюдаем требования по резистентности (FRAC: стробилуринов не более 30% от всех обработок)

	Механизм действия (МД)			FRAC код группы	
C3 complex III: cytochrome bc1 (ubiquinol oxidase) at Qo site (cyt b gene)	QoI-fungicides (Quinone outside Inhibitors) Сфера® макс, Зато®, Фанданго®	methoxy-acrylates	azoxystrobin coumoxystrobin enoxastrobin flufenoxystrobin picoxystrobin pyraoxystrobin	Resistance known in various fungal species. Target site mutations in cyt b gene (G143A, F129L) and additional mechanisms. Cross resistance shown between all members of the QoI group. High risk. See FRAC QoI Guidelines for resistance management.	11
		methoxy-acetamide	mandestrobin		
		methoxy-carbamates	pyraclostrobin pyrametostrobin tricylopyricarb		
		oximino-acetates	kresoxim-methyl trifloxystrobin		
		oximino-acetamides	dimoxystrobin fenamistrobin metaminostrobin orysastrobin		
		oxazolidinone-diones	famoxadone		
		dihydro-dioxazines	fluoxastrobin		
		Imidazolinones	fenamidone		
G1 C14-demethylase in sterol biosynthesis (erg11/cyr51)	DMI-fungicides (DeMethylation Inhibitors) (SBI: Class I) Солигор®, Инпут®, Прозаро®	triazoles	bromuconazole cyproconazole difenoconazole diniconazole epoxiconazole etaconazole fenbuconazole fluquinconazole flusilazole flutriafol hexaconazole imibenconazole ipconazole mefentrifluconazole metconazole myclobutanil penconazole propiconazole simeconazole tebuconazole tetraconazole triadimefon triadimenol triticonazole prothioconazole	known Incl. target site mutations in cyp51 (erg 11) gene, e.g. V136A, Y137F, A379G, 1381V; cyp51 promotor; ABC transporters and others. Generally wise to accept that cross resistance is present between DMI fungicides active against the same fungus. DMI fungicides are Sterol Biosynthesis Inhibitors (SBIs), but show no cross resistance to other SBI classes. Medium risk. See FRAC SBI Guidelines for resistance management.	3
		triazolinthiones			

	Механизм действия (МД)			FRAC код группы	
G2 Δ^{14} -reductase and $\Delta^8 \rightarrow \Delta^7$ -isomerase in sterol biosynthesis (<i>erg24, erg2</i>)	amines ("morpholines") (SBI: Class II) Солигор® , Инпут®	morpholines	aldimorph dodemorph fenpropimorph tridemorph	Decreased sensitivity for powdery mildews. Cross resistance within the group generally found but not to other SBI classes.	5
		piperidines	fenpropidin piperalin	Low to medium risk. See FRAC SBI Guidelines for resistance management.	
		spiroketal-amines	spiroxamine		
C2 complex II: succinate-dehydrogenase	SDHI (Succinate-dehydrogenase inhibitors) Эместо® Сильвер , Эместо® Квантум , Веранго® , Пропульс® , Луна® Экспириенс , Луна® Транквилити	pyridinyl-ethyl-benzamides phenyl-cyclobutyl-pyridineamide furan-carboxamides oxathiin-carboxamides triazole-carboximides pyrazole-4-carboximides N-cyclopropyl-N-benzyl-pyrazole-carboximides N-methoxy-(phenyl-entyl)-pyrazole-carboximides	fluopyram cyclobutrifluram fenfuram carboxin oxycorboxin thifluzamide benzovindiflupyr bixafen fluindapyr fluxapyroxad furemetpyr inpyrfluxam isoprazam penflufen penthiopyrad sedaxane isoflucypram pydiflumetofen	Resistance known for several fungal species in field populations and lab mutants. Target site mutations in <i>sdh</i> gene, e.g. H/Y (or H/L) at 257, 267, 272 or P225L, dependent on fungal species. Resistance management required. Medium to high risk. See FRAC SDHI Guidelines for resistance management.	7

Рекомендации по использованию

1. Соблюдаем требования по резистентности (FRAC): не более 30% от всех обработок при опрыскивании фунгицидами с высоким риском развития устойчивости (1,3, 4, 7, 11 группы).

2. При протравливании желательно исключить последующие опрыскивания с данным механизмом действия.

3. Флуопирам (как нематодцид и фунгицид) рекомендуется применять только на товарном картофеле и на переработку (PC1-2).

Сравнение устойчивых и чувствительных изолятов к фениламидам (4 группа) 1981-1988 гг.

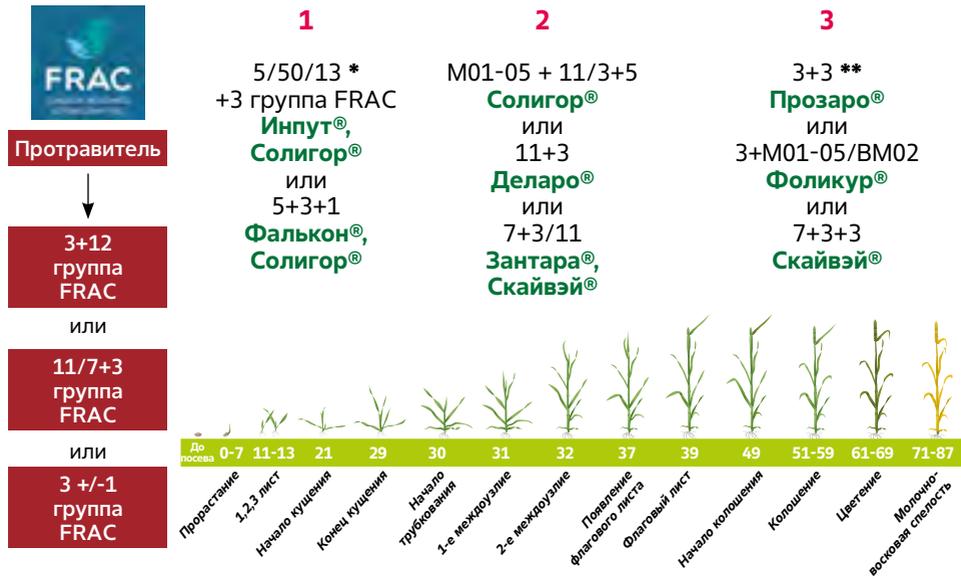
Влияние фениламидов на ряд показателей у металаксил-чувствительных (Ч) и металаксил-резистентных (Р) штаммов

Фениламид	Рост мицелия, СК ₅₀ , мкг/мл		Степень резистентности	Поглощение уридина, СК ₅₀ , мкг/мл		Включение уридина, СК ₅₀ , мкг/мл	
	Ч	Р		Ч	Р	Ч	Р
Металаксил	0,03	1900	63333	> 1000	> 1000	0,06	> 1000
Беналаксил	0,25	250	1000	140	100	0,06	60
Ципрофурам	10	900	90	1000	> 1000	1,6	70
Оксадиксил	1,2	1800	1500	>1000	> 1000	1,1	1000

Чувствительность металаксин-чувствительных (Ч) и металаксин-резистентных (Р) изолятов *P. viticola* к фунгицидам разных групп при оценке на листовых дисках винограда

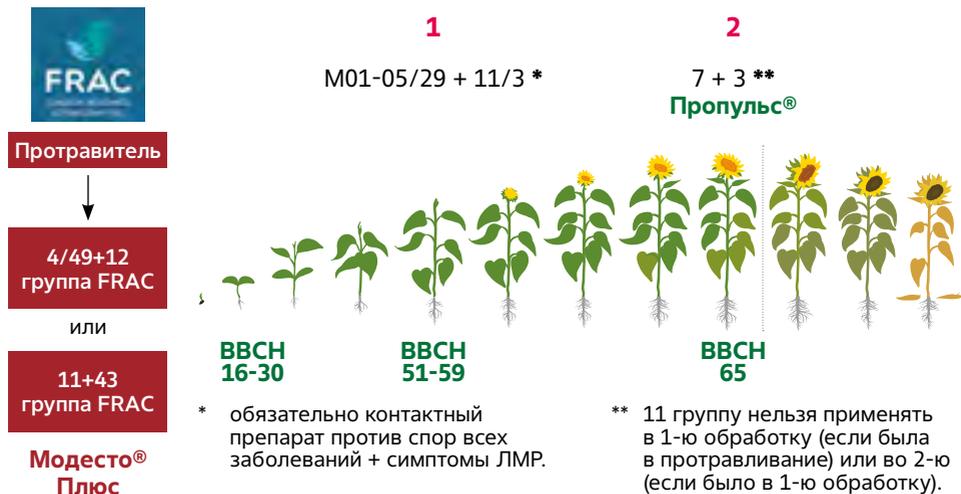
Изолят	СК ₅₀ , мг/л			
	металаксил	фосэтил-алюминий	цимоксанил	фолпет
CH57/82 (Ч)	0,16	26	2,4	0,08
F40/82 (Ч)	0,02	21	2,2	0,07
ZA19/81 (Ч)	0,02	23	6,2	0,060
F38/82 (Р)	4,7	18	1,7	0,44
URU1/82 (Р)	140	34	1,8	0,08
GR2/82 (Р)	570	17	4,0	0,90

Защита озимой пшеницы при 3-х кратной обработке для предотвращения развития резистентности

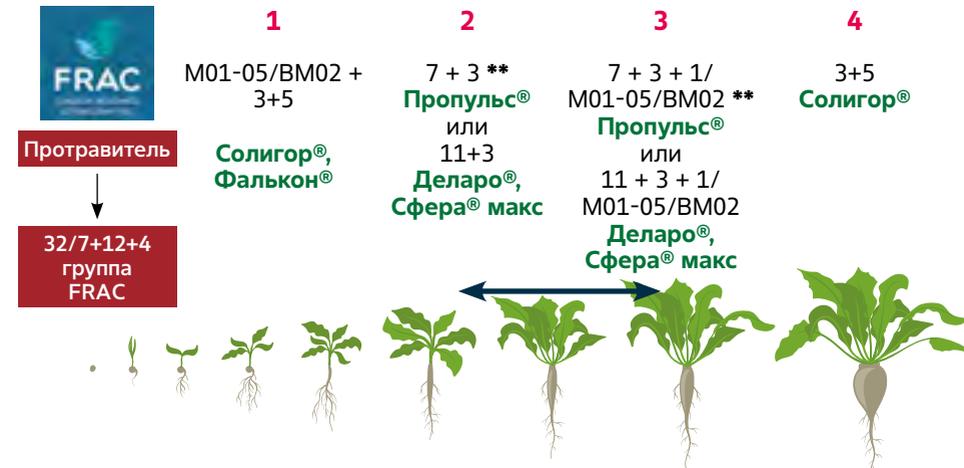


* 7,11 группу не применять в 1 обработку. Не применять 1 группу (если был МД в протравителе).
** если 7 группа была в 2-ю обр. — только 3/3 + контактный фунгицид

Защита подсолнечника для предотвращения развития резистентности



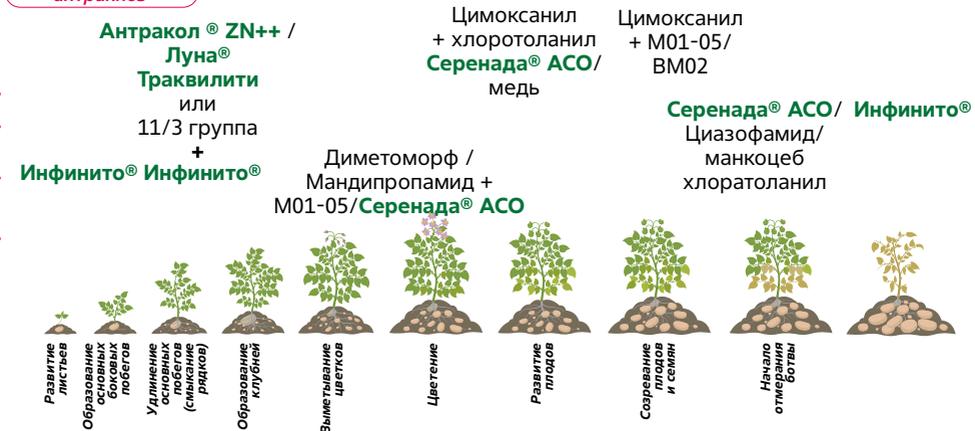
Защита сахарной свеклы для предотвращения развития резистентности



Фунгицидная система защиты картофеля для продовольственного (минимум 3—8 обр.), семенного (5—7 обр.).
Интервалы обработок 5—14 дней в зависимости от погодных условий.

Альтернариоз (сильное развитие), антракноз

Контроль фитофтороза



Соблюдаем требования по резистентности (FRAC: системных/ трансламинарных МД не более 30% от всех обработок).

Ко всем системным и трансламинарным фунгицидам 4—5 л/га + **Меро®** или в чистом виде вместо хим. контактных препаратов.

* В случае сильной фитофторы для получения СТОП-эффекта контактный фунгицид 29/21/BM02 + **Инфинито®** в полных нормах.
** **Инфинито®** совместно с десикантом применяется в норме 1,2 л/га или последняя обработка должна быть за 5—7 до десикации в норме 1,6 л/га.
*** Если **Веранго®** (7 группа) или стробилурин (11 группа) или 4 группа применили в протравливание, запрещены обработки с данным механизмом действия по вегетации, чтобы не развивалась устойчивость у антракноза и альтернари.

Материал подготовил

Онацкий Константин Николаевич,

менеджер по продуктам и культурам АО «БАЙЕР»,
кандидат биологических наук

Больше материалов на тему
устойчивости вредных объектов
ищите на портале «Полевая Академия»



academy.cs.bayer.ru



www.cropscience.bayer.ru

Горячая линия Bayer

8 (800) 234-20-15

(для аграриев)

// Прайс-лист

// Каталог продуктов

// Борьба с подделками

// Меры безопасности

// Полезные материалы

// Заявка на консультацию