

Селекционно-генетический метод защиты растений от болезней

Цель – создание сортов растений с высокой полевой устойчивостью к болезням.

Преимущества выращивания высокоустойчивых сортов:

1. Не требуют затрат на специальные мероприятия по борьбе с болезнями – **экономия средств**.
2. Позволяют получить урожай без применения пестицидов – **экологически безопасную продукцию**, пригодную для лечебного, диетического, детского питания
3. Снижение **воздействия пестицидов** на человека и окружающую среду.
4. Ограничение **размножения возбудителей** болезней растений и масштабов их **генотипической изменчивости** (формирования новых вирулентных рас) – ограничение эпифитотий.

Теоретической основой этого метода является *учение об иммунитете растений* (фитоиммунитете)

1. Основные термины фитоиммунитета

Фитоиммунитет – это невосприимчивость к болезни в случае контакта растения-хозяина с возбудителем при наличии необходимых **условий** для заражения:

- а) восприимчивая фаза онтогенеза *растения*,
- б) активная фаза онтогенеза *паразита*,
- в) благоприятные для заражения условия *среды*.

Иммунность (Im) – абсолютная устойчивость, отсутствие заражения.

Устойчивость (R, RR) – способность растения сопротивляться, противостоять паразиту, проявлять резистентность. Это – свойство, которое можно выразить *количественно* (показателями распространённости и развития болезни).

Абсолютная устойчивость = иммунность.

Восприимчивость (S, SS) – свойство, противоположное устойчивости.

Толерантность (T) – свойство растения сохранять приемлемую продуктивность (отдельного растения), урожайность (популяции растений) при поражении болезнью.

1. **Патогенность** – способность паразита вызывать патологию (болезнь).
2. **Вирулентность** – *качественная* мера патогенности, способность паразита заражать генетически различные *сорта* растения-хозяина.
Расы (штаммы, разновидности) высоковирулентные заражают большое число сортов, слабовирулентные – небольшое число сортов.
3. **Агрессивность** – *количественная* мера патогенности способность патогена вызывать массовое заражение растений в короткие сроки, т.е. вызывать *эпифитотию*.
Факторы агрессивности: инкубационный период, минимальная инфекционная нагрузка (количество инфекционного начала, необходимого для заражения), число генераций паразита за 1 сезон, скорость распространения между растениями и др.
4. **Расы (штаммы, разновидности)** – часть популяции патогена, специфически взаимодействующая с генетически различными *сортами* растения-хозяина. Расы различаются между собой генами вирулентности.

Категории фитоиммунитета

Категории фитоиммунитета

1. **Врожденный (наследственный)** - вырабатывается в процессе **филогенеза** под воздействием пресса паразитов. Генетически закрепленный, присущ растению независимо от присутствия паразита. Подразделяется на:

А) **Неспецифический, или видовой** – присущ всему ботаническому виду (роду) растения [иммунность картофеля – к ржавчине, капуста – к **фитофторозу**, земляники – к **головне** и т.д.]. Отражает дивергентный характер сопряженной эволюции (коэволюции) растений и их паразитов.

Б) **Специфический, или сортовой** – присущ отдельным сортам, линиям по отношению к определенным **расам паразита** (штаммам, разновидностям). Отражает внутривидовую дифференциацию паразита.

[Сорт картофеля *Лорх* неустойчив к большинству рас возбудителя рака картофеля, сорта *Елизавета*, *Темп*, *Ресурс* и большинство других сортов – устойчивы ко всем расам паразита]

Врожденный иммунитет подразделяется на

1. Пассивный иммунитет – не зависит от контакта с паразитом, присущ растению постоянно. Его *факторы*:

- **Анатомо-морфологическое строение** [форма кроны дерева, восковый налет на плодах яблони → устойчивость к парше; скорость образования раневой перидермы на клубнях картофеля → устойчивость к гнилям и т.д.];
- **Физиолого-биохимические особенности** [фитонциды, кислотность клеточного сока, ингибиторы паразитов – фенолы, гликозиды и пр.].

2. Активный иммунитет – комплекс ответных реакций растения на атаку паразита. Его *факторы*:

- **Фитоалексины** (антибиотические вещества, подавляющие паразита) – [пизатин гороха, фазеолин фасоли, любимин, решитин, кофейная кислота картофеля и др.],
- **Реакция сверхчувствительности** – быстрый некроз ткани в точке внедрения паразита-биотрофа [устойчивость картофеля к фитофторозу, яблони – к парше, пшеницы – к ржавчине и др.]
- **Лизис** - дегенерация патогена в тканях устойчивого растения в результате активации ферментов [мицелия головневого гриба в тканях пшеницы, гриба *Rhizoctonia* в тканях орхидеи и др.]

| Названия фитонцидов | Растение-производитель |
|--|---------------------------|
| Аллицин | Чеснок |
| Тулипазиды | Тюльпан |
| Гексенал | Дуб, смородина, черемуха, |
| Усниковые кислоты | Лишайники |
| Метилмеркаптан, глюкобертегаин, синирин | Редька черная |
| Гликозиды | Амарант |

| Фитоалексины | Растения |
|---|-----------|
| Брассинин, циклобрассинин, брассилексин | Капуста |
| Любимин, решитин | Картофель |
| Момилактон и сакуранетин | Рис |
| Медикарпин | Люцерна |
| Писатин | Горох |
| Глицеоллины | Соя |
| Киевитон | Фасоль |
| Апиин | Петрушка |

2. Приобретенный иммунитет (ненаследственный, искусственный)

Вырабатывается в процессе онтогенеза растения, в результате целенаправленного воздействия человека на ограниченную группу растений.

[иммунизация (вакцинация) растений томата против *вируса табачной мозаики* (ВТМ) ослабленными (аттенуированными) штаммами; растений огурца – против *вируса огуречной мозаики* (ВОМ-2) и *антракноза*; вакцинация цитрусовых насаждений в США, Бразилии, Австралии, Индии, Израиле, Южной Африке и других странах от опасного *вируса тристецы*. Защитный эффект у растений грейпфрута сохранялся более 20 лет. В Бразилии было иммунизировано 10 миллионов апельсиновых и лимонных деревьев, а прибавки урожая от такой обработки составили от 5 до 70 %].



Николай Иванович Вавилов
1887-1943

Основоположник учения об иммунитете
растений к инфекционным болезням

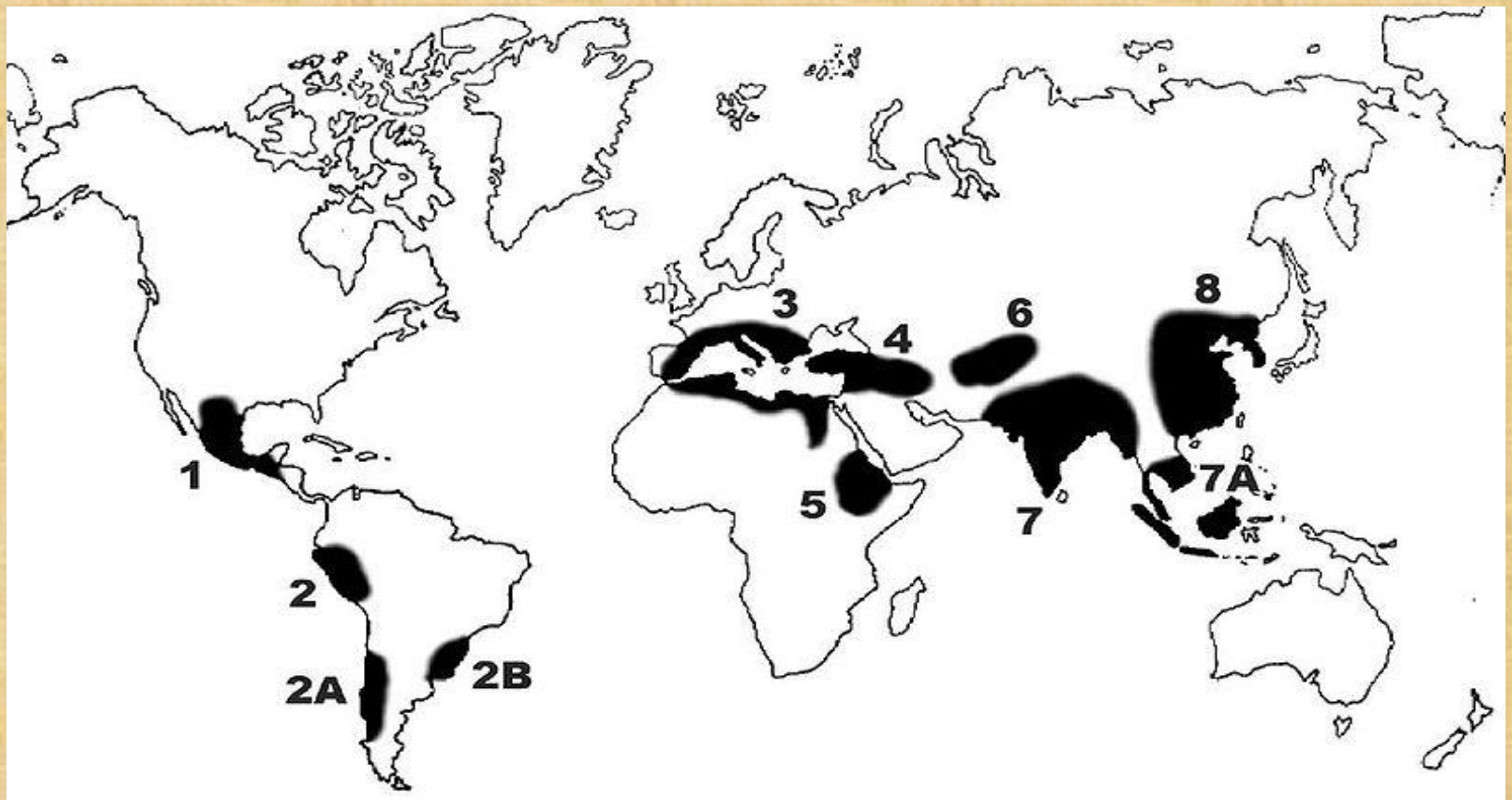
Главные печатные труды Н.И. Вавилова по иммунитету

1919 г. *“Иммунитет растений к инфекционным заболеваниям”*

1935 г. *“Учение об иммунитете растений к инфекционным заболеваниям (применительно к запросам селекции)”*

Н.И. Вавилов является основоположником **эволюционно-генетической и эколого-географической теории иммунитета**. Он утверждал, что устойчивость против паразитов выработалась в процессе сопряженной (совместной) эволюции растений в **центрах их происхождения** на фоне длительного (в течение тысячелетий) естественного заражения возбудителями болезней.

Следовательно, именно в **географических центрах происхождения культурных растений** следует искать наиболее устойчивые к болезням дикие виды растений. Эти дикие виды – ценный **исходный материал**, используемый в селекции на устойчивость к болезням.



Центры происхождения культурных растений (по Н.И. Вавилову):

1. Центральноеамериканский центр
2. Южноамериканский центр (Андийский, Чилоанский, Боливийско-Перуанский)
3. Средиземноморский центр
4. Юго-Западноазиатский центр
5. Эфиопский центр
- 6-7. Южноазиатский тропический центр (Юго-Западный, Южный)
8. Восточноазиатский центр

Некоторые дикие виды
растений – исходный
материал для селекции на
устойчивость к болезням

Горький огурец или **Момордика харанция** (Китайская горькая тыква) (*Momordica charantia*) — однолетняя травянистая лиана семейства Тыквенные. Родина вида - тропики Азии. Донор генов устойчивости к ложной мучнистой росе огурца, кабачка и др. Методами генной инженерии эти гены перенесены в сорта огурца



Томат смородиновидный – (слева) (*Lycopersicon esculentum* var. *pimpinellifolium*)

Побережье Южной Америки (Чили, Перу). Плоды около 1 см. Устойчив к ряду болезней, в частности, к бактериальному и фузариозному увяданиям.

Томат волосистый (*L. esculentum* var. *hirsutum*) – (горные районы Чили, Перу, Эквадора). Имеет мелкие зеленые, опушенные плоды. Высокая устойчивость к Y-вирусу, ВТМ, кладоспориозу, бактериальным гнилям и пятнистостям, галловой нематодой и паутинному клещу.



Дикие виды картофеля (родина -Центральная и Южная Америка) – доноры устойчивости к фитофторозу и вирусам (X, Y, L и др.)

Solanum andigenum (*Solanum tuberosum* subsp. *andigenum*)



Solanum demissum Lindl

collected by www.plant.ac.cn

solanum demissum
© 2005 pictured by antonie van den bos
for aycronto.com



Solanum acaule Bitter (Wild Potato)



Дикие виды яблони – источник
устойчивости
к парше и мучнистой росе

Японская яблоня *Malus floribunda* (L.) – Япония,
Восточная Азия, плоды овалыные, красные,

около 1 см



Яблоня ягодная (Я. сибирская) – слева (*Malus baccata* (L.)
Borkh.). Восточная Сибирь, Дальний Восток (Приамурье,
Приморье), Монголия, Китай.

Плоды красные, 1 см.

Яблоня мелкоплодная (Я. декоративная) *M. micromalus* (L.).
Восточная Азия. Плоды зеленые, 1-2 см.



Церападусы – это ранее не известные растения – гибриды между вишней и **черемухой**, которые в свое время были получены еще И.В. Мичуриным. Черемуха иммунна к **коккомикозу вишни и черешни** и передала этот признак гибридам. Названия этих новых гибридов составляют первые слоги от латинского названия вишни – *Cerasus* – и черемухи – *Padus*, что и составляет слово *церападус*, т.е. растение, полученное от опыления цветков вишни пыльцой черемухи; если же, наоборот, пыльцой вишни опылялись цветки черемухи, то гибриды назывались *падоцерусы*.

Церападусы *Новелла* (слева) и *Встреча*.



Земляника чилийская – слева (*Fragaria chiloensis* Duch., $2n = 56$). В диком виде произрастает на Тихоокеанском побережье Северной Америки, а также в Южной Америке — в Андах, источник многих ценных признаков — *устойчивости к вертициллёзному увяданию, фитофторозу, серой гнили, земляничному клещу, тле.*

Земляника овальная (*F. ovalis* Rydb., $2n = 56$). Североамериканский вид. Произрастает в горах западных штатов США и Канады (в Кардильерах). Источник ценных селекционных признаков — высокой зимостойкости, *устойчивости к вертициллёзному увяданию*, плотной мякоти.



Земляника виргинская – слева (*F. virginiana* Duch., $2n = 56$).

Произрастает в диком виде в восточной части Северной Америки. Широко используется в селекции земляники. Источник зимостойкости, **устойчивости к мучнистой росе** и другим болезням.

Земляника мускатная, или **Клубника садовая** (*F. moschata* Duch., $2n = 42$). Единственный гексаплоидный вид земляники. Распространен в Северной и Центральной Европе. Отличается высокими прочными цветоносами (**устойчивость к серой гнили**) и мускатным ароматом ягод.



Генетические основы устойчивости растений к болезням

Различают два основных типа устойчивости

1. **Расоспецифическая** (моногенная, вертикальная). Обуславливает устойчивость к отдельным расам паразита.
2. **Нерасоспецифическая** (полигенная, горизонтальная). Обуславливает устойчивость к популяции паразита в целом, безотносительно расового состава.

Расоспецифическая устойчивость (РУ) (моногенная, вертикальная)

Обусловлена присутствием в генотипе растения особых генов устойчивости (**R-генов**), которые контролируют устойчивость к **отдельным расам паразита** – носителям **генов вирулентности**.

Преимущества (+) и недостатки (-) РУ

- + Высокий уровень
- + Мало зависит от прочих факторов среды (погода, агротехника и пр.)
- + Легко использовать в селекции на устойчивость, т.к. R-гены – как правило, **доминантные**, и поэтому проявляют своё действие у гибридов F1.
- Недолговременный характер (зависит от появления новых рас паразита с новыми генами вирулентности)

Проявление расоспецифической устойчивости 3 сортов картофеля к фитофторозу

(+ восприимчивость, - устойчивость)

| Сорта картофеля | Гены устойчивости | Расы возбудителя фитофтороза <i>Ph. Infestans</i> (гены вирулентности) | | | | |
|-----------------------|---------------------------------|---|---|---|---|------|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 1. 2 |
| <i>Лорх</i> | НЕТ | + | + | + | + | + |
| <i>Детскосельский</i> | R ₁ | - | + | - | - | + |
| <i>Невский</i> | R ₁ , R ₂ | - | - | - | - | + |

Нерасоспецифическая устойчивость (полигенная, горизонтальная)

Обусловлена присутствием в генотипе растения большого числа неспецифических (малых) генов, которые контролируют устойчивость к популяции паразита, безотносительно расового состава.

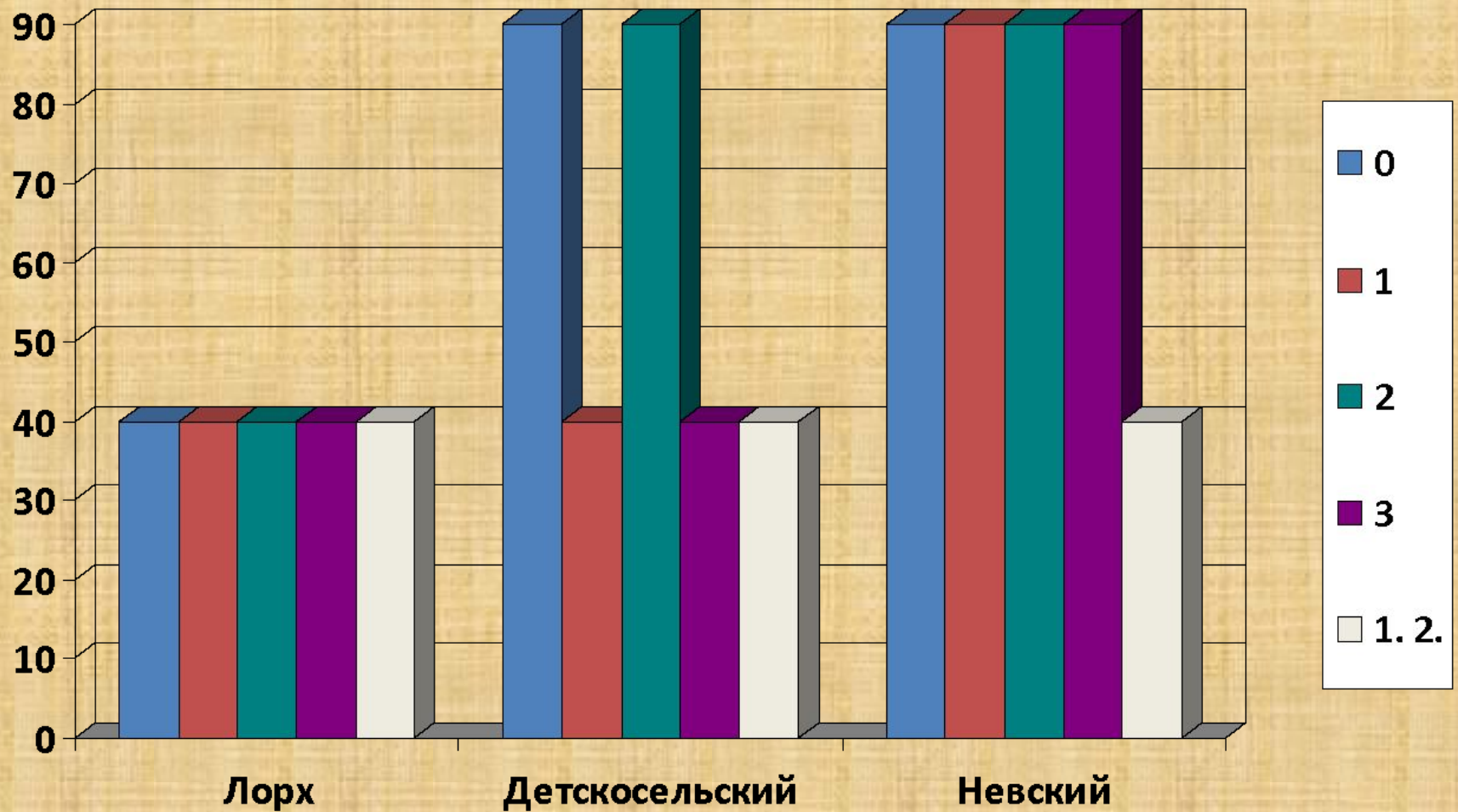
Преимущества (+) и недостатки (-) НУ

- + Долговременный характер (не зависит от появления новых рас паразита – новых генов вирулентности)

- Сильно зависит от прочих факторов среды (погода, агротехника и пр.)
- Относительно невысокий уровень
- Сложно использовать в селекции на устойчивость.

Проявление расспецифической (вертикальной) и нерасспецифической (горизонтальной) устойчивости 3 сортов картофеля к фитофторозу

(по о.а. – сорта картофеля и расы *Ph. Infestans* 0 - 1.2., по о.о. – уровень устойчивости к болезни)



Причины потери сортом устойчивости к болезни

Сорта – носители генов устойчивости (R-генов) могут утратить **моногенную (вертикальную) устойчивость** в случае появления в популяции паразита новых вирулентных рас. Такие расы обладают генами вирулентности, которые преодолевают защитное действие R-генов.

В этом случае сорт в полевых условиях сохраняет только **полигенную (горизонтальную) устойчивость**, и если её уровень невысок, то восприимчивость сорта к болезни и потери урожая резко возрастают.

Такая ситуация особенно типична для болезней, возбудители которых обладают высоким уровнем генотипической изменчивости (мутации, половой процесс, парасексуальный процесс).

Примеры – возбудители ржавчины зерновых культур, фитофтороза картофеля, мучнистой росы многих культурных растений.

Получение новых сортов с **моногенной (вертикальной) устойчивостью** обусловлено поиском новых генов устойчивости.

Типы устойчивых сортов

Конвергентные сорта (КС)

Сорта, имеющие **несколько генов устойчивости**, каждый из которых контролирует **устойчивость к определенной физиологической расе**. Такая устойчивость наз. **конвергентной**. Чем больше новых генов введено в сорт, тем менее вероятно возникновение новых рас паразита.

Созданы КС яблони, устойчивые к парше и мучнистой росе, томата – к комплексу болезней (вертициллёз, фузариоз, кладоспориоз, ВТМ)

Многолинейные сорта (МС)

Это популяции, состоящие из отдельных *линий*, сходных по агрономическим признакам, но различающихся наличием *разных генов устойчивости*. Такие сорта резко замедляют размножение в посевах патогенов, а в результате – скорость развития болезни.

Созданы МС пшеницы, кукурузы и др., устойчивые к видам ржавчины и головни.

Сорта с полигенной устойчивостью

Полигенная устойчивость обеспечивает задержку сроков заражения и скорости развития болезни.

Полигенной устойчивости отдают предпочтение в случае *интенсивного расообразовательного процесса (генотипической изменчивости) паразита*. В этом случае сорта с моногенной устойчивостью быстро её теряют.

Многие староместные сорта (сорта “народной селекции”) – это сорта с высокой полигенной устойчивостью. Например, сорта лука и чеснока.

Этапы создания устойчивых сортов

1. Выявление *источников* (генов) устойчивости.
2. *Индукцированный мутагенез*, направленный на расширение генофонда за счет мутантов с повышенной устойчивостью к болезням.
3. Гибридизация (внутривидовая, межвидовая) и отбор на *инфекционном фоне*, т.е. в условиях постоянного контакта с популяцией возбудителя болезни, состоящей из *наиболее распространенных рас*.
4. Методы *новейшей биотехнологии* (генетическая и клеточная инженерия, культура клеток и тканей), дополняющие методы традиционной селекции. В результате создаются *трансгенные* сорта с высокой устойчивостью к болезням.

Модель идеального сорта

Сорт, сочетающий **моногенную** (вертикальную) устойчивость к **наиболее распространенным** расам паразита с **высоким уровнем полигенной** (горизонтальной) устойчивости.