



Нужна ли специфичность?

Оганов Руслан  
«Титановое копыто»

# История

Основатель учения об иммунитете растений (фитоиммунологии), советский биолог Н. И. Вавилов (1887)

## Определение Н.И.

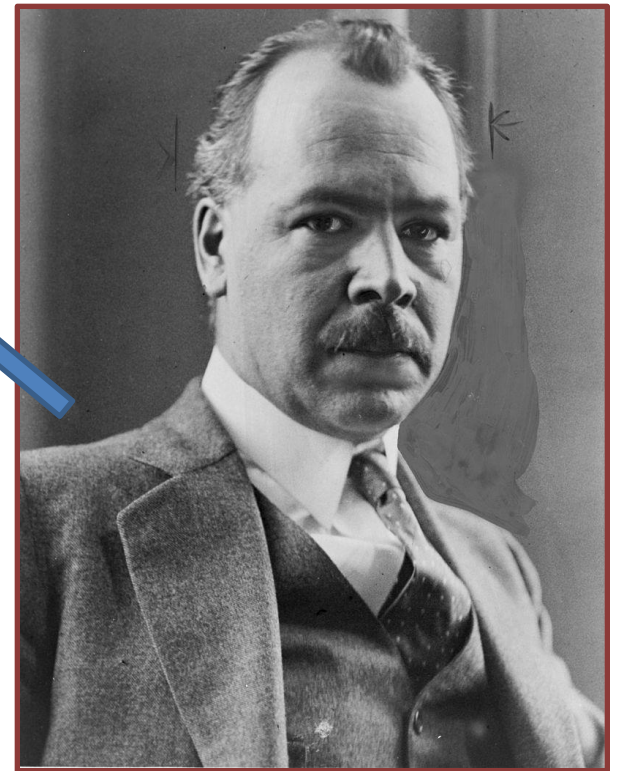
Вавилова

Под иммунитетом растений понимается невосприимчивость организма к заболеваниям. В отношении паразитических инфекций иммунитет определяется невозможностью для паразита, вызывающего болезнь, развиваться нормально в организме невосприимчивого растения.

## Современное

определение

Иммунитет растений — способность растения в той или иной мере противостоять заселению или заражению вредным организмом или противодействовать его развитию в растении



# Устойчивость и иммунитет

**Устойчивость** – способность противостоять поражению возбудителем заболевания или повреждению насекомыми,

**Иммунитет** – невосприимчивость к болезни при контакте с возбудителем

## Иммунитет

### Растения

Индукцируемая защита.  
Каждой клетке свойственен функциональный иммунитет

### Животные

- Антитела
- Способность к фагоцитозу
- Гуморальные факторы иммунитета
- Интерферон
- И т.д.

# Пассивный и активный иммунитет

## Пассивный иммунитет

- Анатомо-морфологические приспособления
- Химические факторы

## Активный иммунитет

### □ Первичный

- СВЧ
- PR-белки
- Фитоалексины

«Ген на ген»

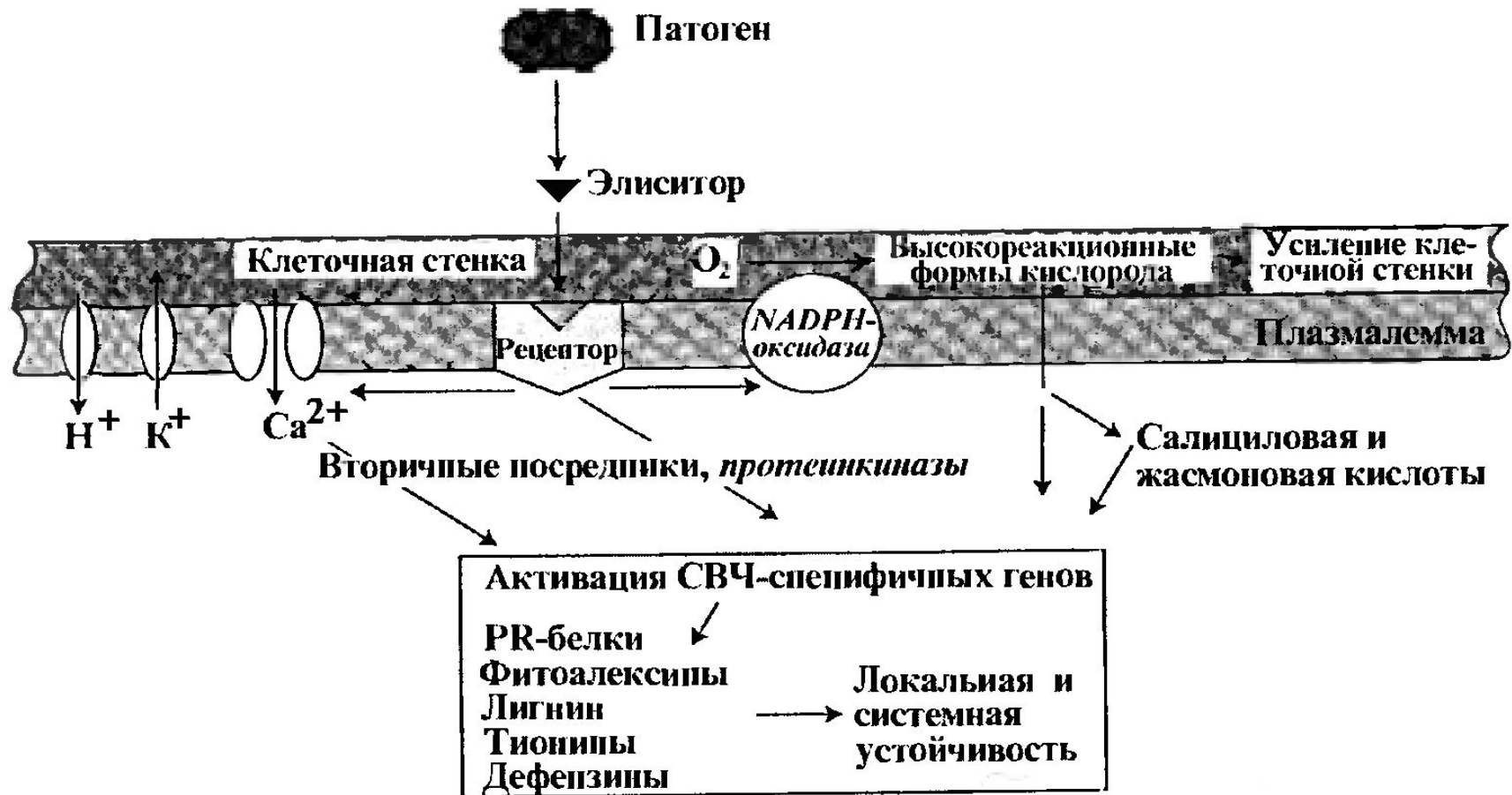
# Пассивный иммунитет

- Опушенность листьев
- Строение и расположение устьиц
- Кутикула растений
- Растительные клеточные стенки
- Армирование клеточной стенки (каллоза , лигнин , ссуберин).
- Габитус

- Фенолы
- Терпеноиды
- Белки, аминокислоты
- Фитонциды
- Антимикробные вещества растительных покровов
- Антимикробные вещества живых клеток

# АКТИВНЫЙ ИММУНИТЕТ

**Сверхчувствительность (СВЧ)** – защитная реакция растения, проявляющаяся в быстрой локальной гибели клеток растения и накоплением в них токсичных продуктов



# Пути распознавание фитопатогенов растениями



**первая линия защиты – PTI  
(PAMP-triggered immunity)**

PAMP - pathogen-associated molecular patterns

**Распознавание  
структурных компонентов**



**флагелин  
(бактерии)**



**хитин  
(грибы)**



**Вторая линия защиты – ETI  
(effector-triggered immunity)**

**Распознавания эфффекторов патогенов  
продуктами генов специфической  
устойчивости (R-генов)**



**ТОКСИНОВ**



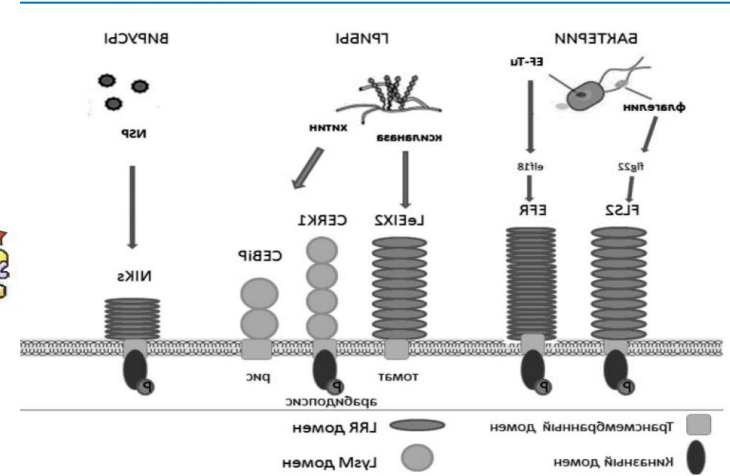
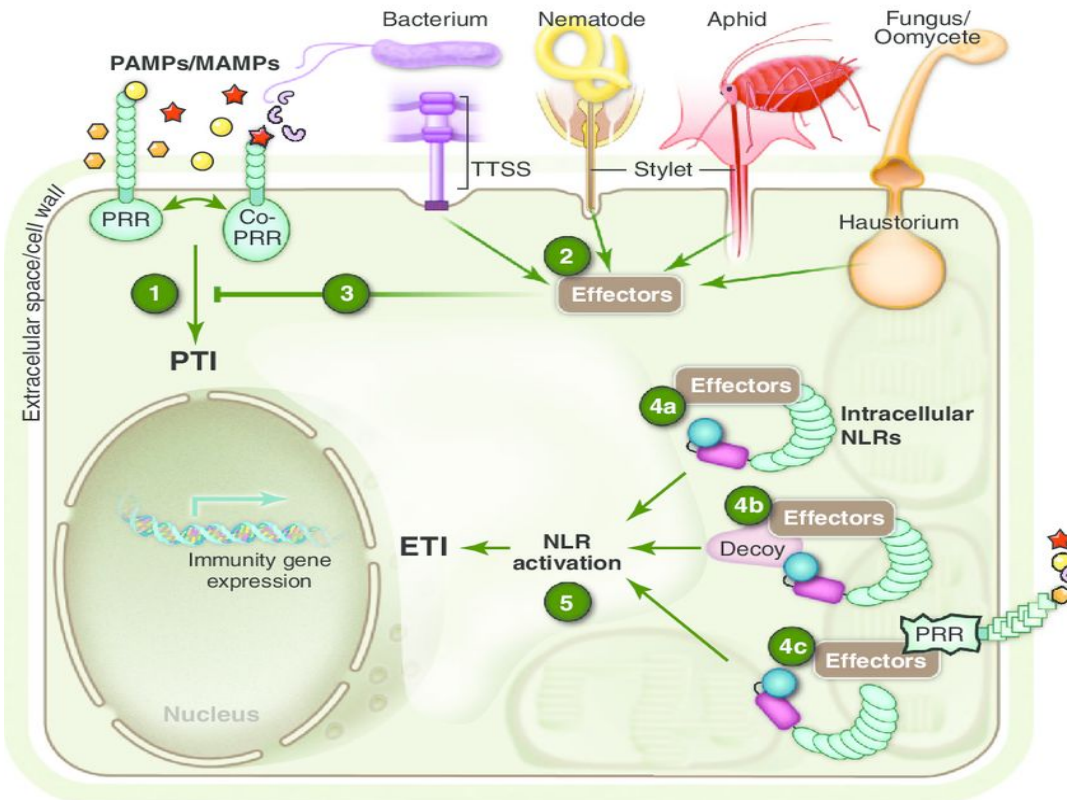
**Avr-белков**



# Рецепторы неспецифического иммунитета

- Трансмембранные рецепторы PRRs растений играют важную роль в первичном иммунном ответе, распознавая консервативные PAMPs бактерий, вирусов, грибов и других организмов.
- Для каждой группы микроорганизмов характерны свои PAMPs. На рисунке 2 показаны

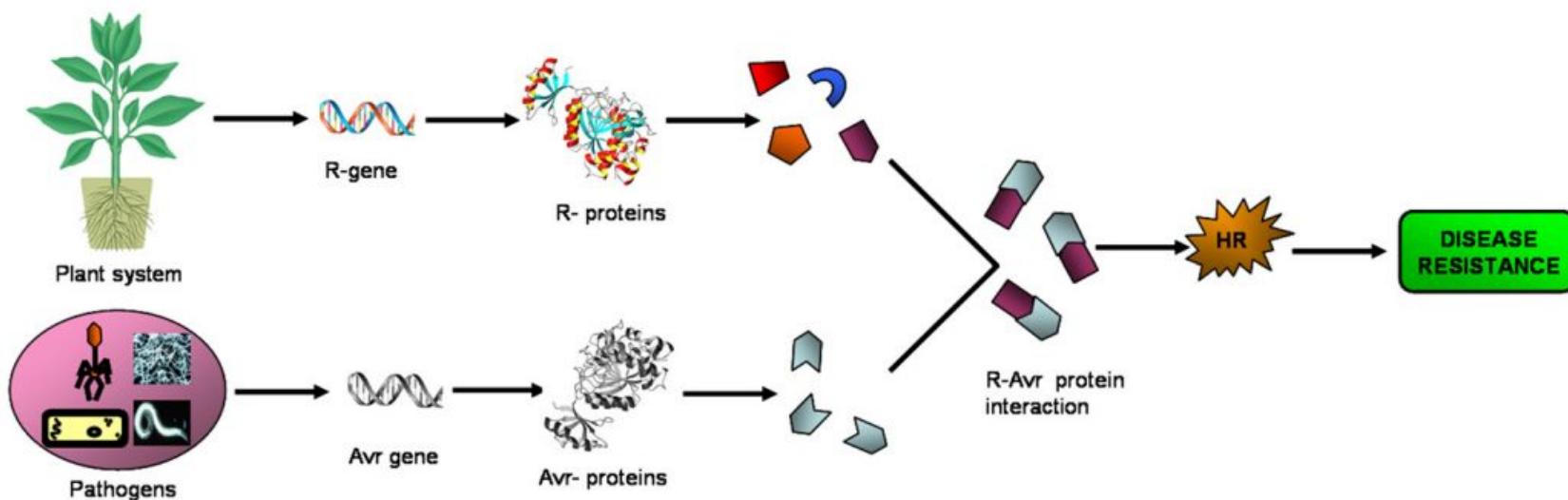
бактерии, грибы, вирусы.





# Специфический иммунитет

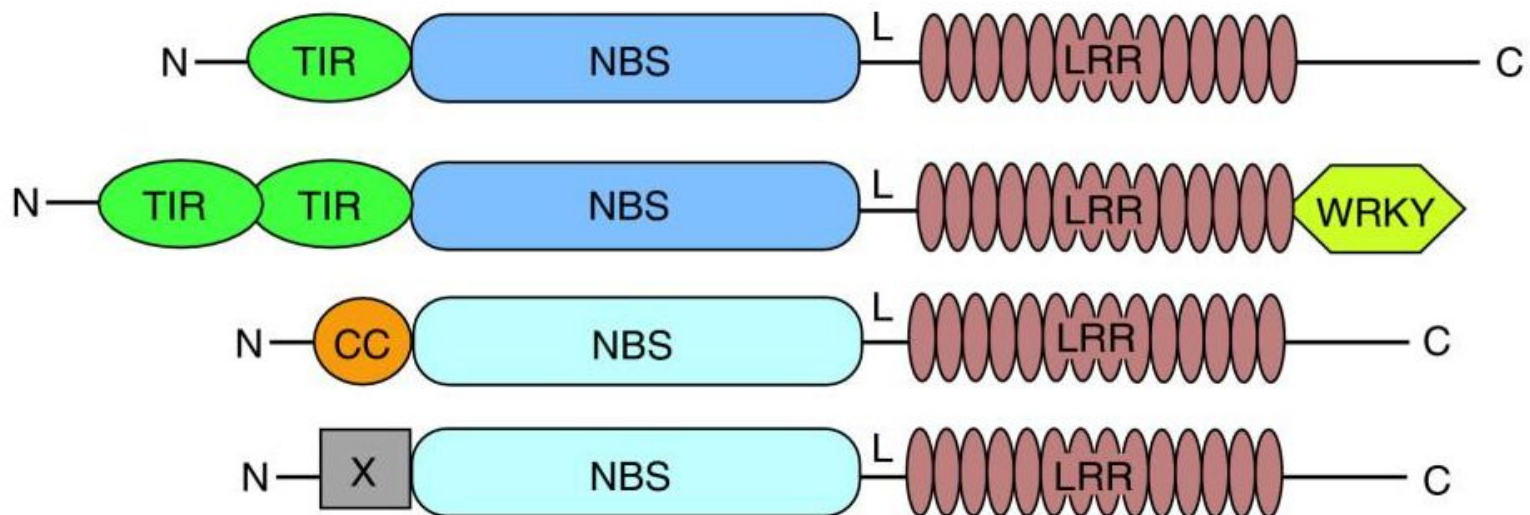
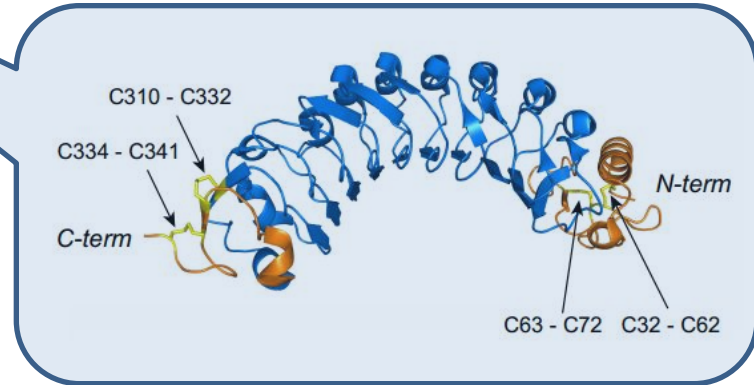
- Растения развили R- гены ( гены устойчивости), продукты которых опосредуют устойчивость к конкретным вирусам, бактериям, оомицету, грибу, нематодам или насекомым. R- белки являются белками, которые позволяют распознавать специфические эффекторы возбудителя, либо путем прямого связывания, либо путем распознавания изменения эффектора белка-хозяина. Многие гены R кодируют белки NB-LRR
- Изученные R-гены обычно придают специфичность конкретным штаммам видов патогенов (те, которые экспрессируют признанный эффектор). Как впервые заметил Гарольд Флор в своей формулировке соотношения **ген на ген** в середине 20-го века, ген R растения имеет специфичность для гена авирулентности



# Структура R-белков

**LRR** – leucine-rich repeat  
**NBS** – nucleotide binding site  
**PK** – serine/threonine protein-kinase  
**TIR** – Toll/Interleukin 1 receptor  
**CC (LZ)** – coiled-coil  
**TrD (TM)** – transmembrane domain

**ECS** – endocytosis cell signaling domain  
**NLS** – nuclear localization signal  
**WRKY** transcription factor family  
 (DNA-binding – (T/A)TGAC(T/A) cis-element, also called the W-box)  
**PEST** – amino acid domain **TrD**



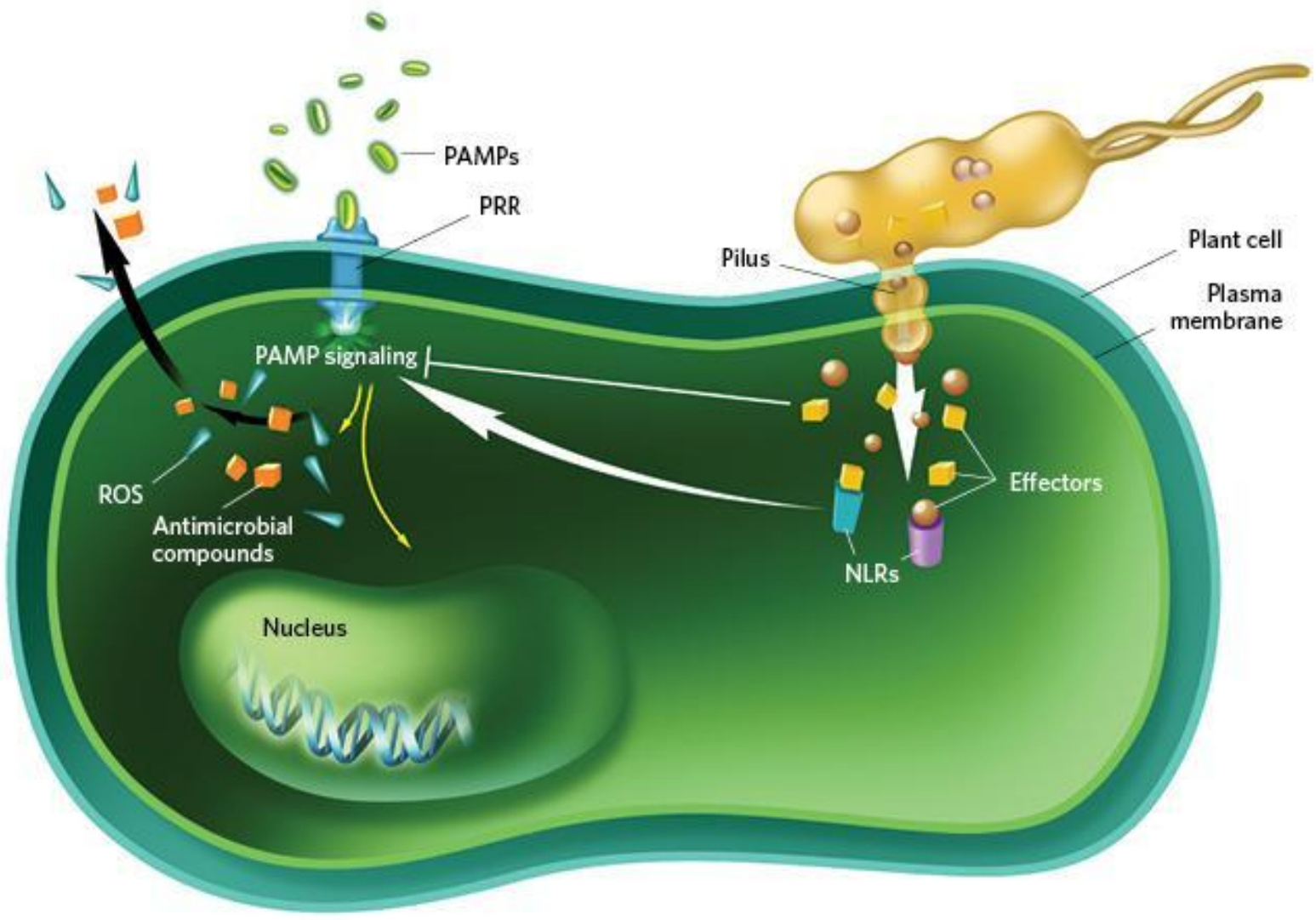
# Как возникал специфический иммунитет

Эволюция патогенов позволяет им приобретать способность обхода защиты становиться либо нераспознаваемыми рецепторами путем мутаций в генах. Вследствие ко-эволюции с вредителями растения приобретают способность синтезировать специфичные белки устойчивости к определенным эффекторам проникших в клетки патогенов, в чем и проявляется специфический иммунный ответ растений.

# Выводы

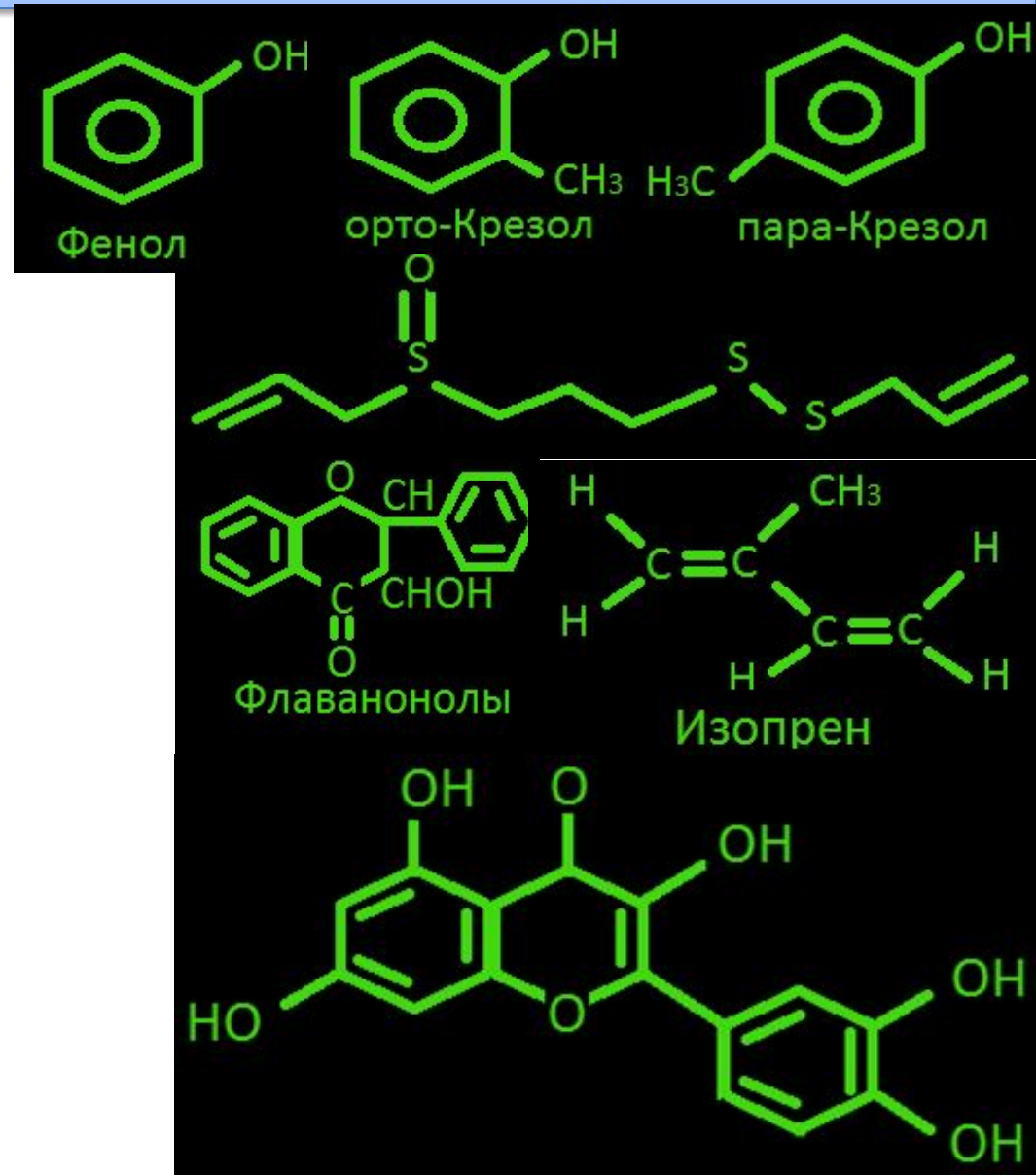
- Иммунная система играет важнейшую роль для любого живого организма на земле, пути реализации и компоненты данной системы могут быть разнообразны. Одним из компонентов, встречающихся у всех организмов, в том числе и растений, являются рецепторы, первые сенсоры на опасность. У растений они представлены мембранными и специфическими цитоплазматическими белками, которые запускают иммунный ответ. Основными показателями ответной реакции являются: изменение уровня ионов кальция, активных форм кислорода, синтез сигнальных гормонов. В структурном и функциональном плане растительные рецепторы аналогичны многим рецепторам иммунной системы животных.



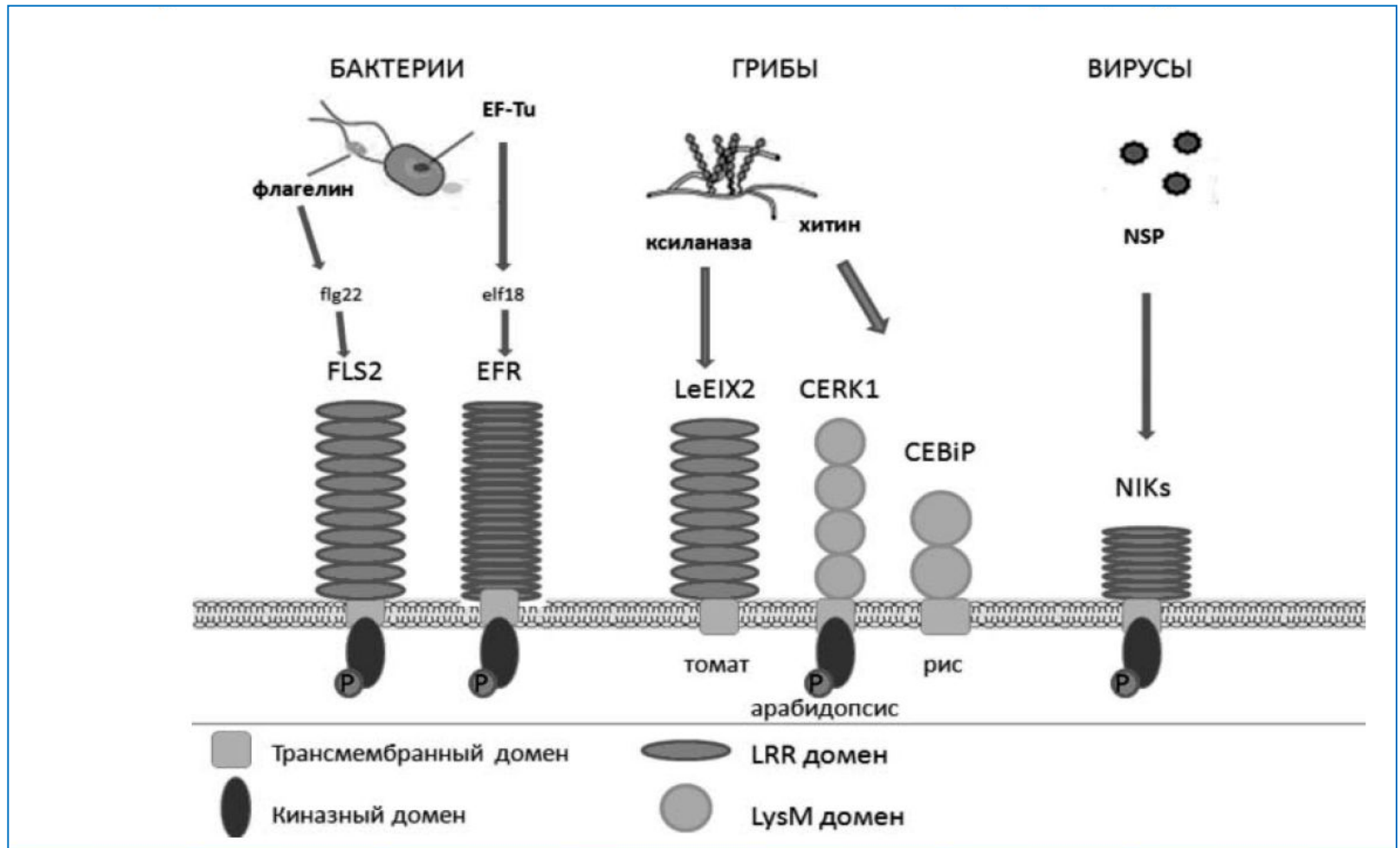


# Пассивный (Химические факторы)

- Фенолы
- Терпеноиды
- Белки, аминокислоты
- Фитонциды
- Антимикробные вещества растительных покровов
- Антимикробные вещества живых клеток







- Для каждой группы микроорганизмов характерны свои PAMPs. На рисунке 2 показаны растительные PRRs к основным классам патогенов: бактерии, грибы, вирусы