

# **Индукторы защитных реакций растений к седентарным нематодам**

Индукторы устойчивости -  
соединения, индуцирующие  
сигнальные пути, приводящие к  
активации генов реакций защиты  
и формированию у растений  
устойчивости к возбудителям  
болезней, в том числе к  
нематодам

Индукция устойчивости проявляется в локализации проникших патогенов, блокировании его последующего проникновения, распространения и размножения в растениях.

Индукторы запускают различные биохимические реакции в растениях, в том числе сигнальные каскады природной индуцированной устойчивости, а также специфичные для каждого соединения сигнальные пути и реакции защиты.

Устойчивость растений носит индуцируемую природу, что позволяет сохранить энергетические и ресурсные затраты для вегетации и образования семян.

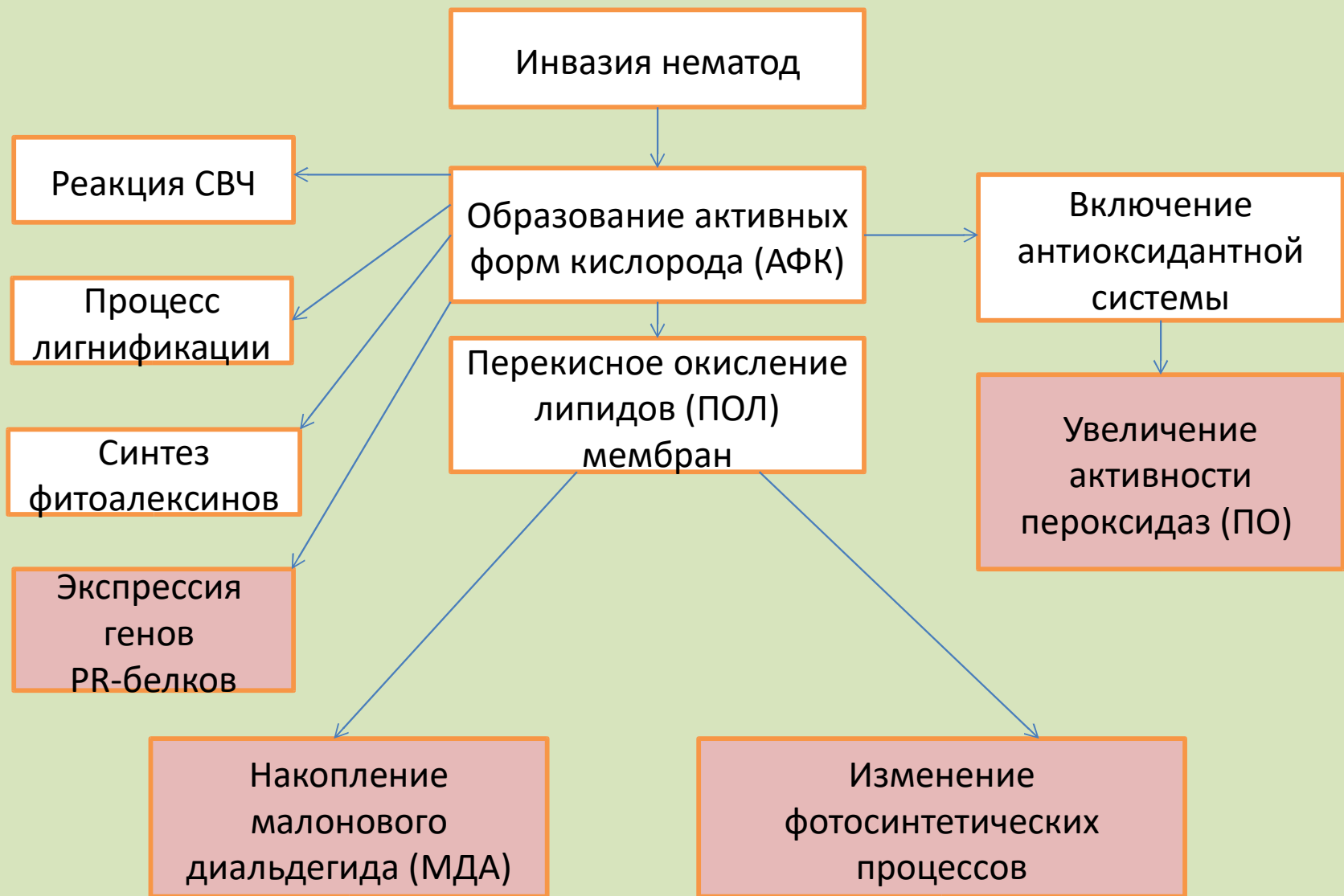
25% генома растений задействовано в защитных реакциях растений.

## Виды индукторов

- Элиситоры – консервативные соединения патогенов (хитин, хитозан, арахидоновая кислота, флагеллин, эргостерин,  $\beta$ -глюканы, и многое другое)
- Природные индукторы базовой устойчивости молекулы растительного происхождения: фрагменты пектина, кутина, целлюлозы, ксилозы и других собственных защитных полимеров, высвобождаемых при действии гидролитических ферментов (целлюлаз, кутиназ, пектиназ) патогенов или самого растения, в томате пептид системин
- Молекулы, индуцирующие в растениях расово-специфичную (R-генную) устойчивость (эффекторы) - гарпин.
- Сигнальные молекулы системной приобретенной устойчивости в растениях: салициловая, жасмоновая, азелаиновая кислоты, глицерол-3-фосфат и дегидроабиектин, дитерпеноид из семейства абиектанов - вторичных терпеноидных метаболитов растений
- Химические индукторы системной приобретенной устойчивости - производные салициловой кислоты, ее структурные и функциональные аналоги.
- Метаболиты ризобактерий, индуцирующие в растениях системную приобретенную устойчивость.
- Гормоны защиты растений от болезней как индукторы болезнестойкости. салициловой кислоты, жасмоновая кислота и этилен.
- Взаимодействие биотических и абиотических стрессов.
- Химические индукторы комплексной устойчивости растений к болезням и физиологическим стрессам.

- Удалова Ж.В., Фолманис Г.Э., Хасанов Ф.К., Зиновьева С.В. Наноразмерный селен — индуктор устойчивости томатов к галловой нематоды // Доклады РАН, 2018, Т.482, №4, С.
- Baycheva, O., H. Samaliev, Z. Udalova, K. Trayanov, S. Zinovieva and G. Folmanis, Selenium and its effect on plant-parasite system *Meloidogyne arenaria* – Tiny Tim tomatoes. // Bulgarian Journal of Agricultural Science, 24 (No 2) 2018, P. 252–258.
- Удалова Ж.В., Зиновьева С.В. Влияние салициловой кислоты на окислительные и фотосинтетические процессы в растениях томатов при инвазии галловой нематодой *Meloidogyne incognita* (Kofoid et White, 1919) Chitwood, 1949 // Доклады РАН, 2019, Т.488, №6,
- Seiml-Buchinger V.V., Zinovieva S. V., Udalova Zh. V., Matveeva E.M. Jasmonic acid modulates *Meloidogyne incognita* – tomato plant interactions // Nematology, 2019, V. 21(2), P.171-180
- Гинс М.С., Гинс В.К., Кононков П.Ф., Удалова Ж.В., Зиновьева С.В. Действие амарантина на стрессоустойчивость томатов, инвазированных галловой нематодой // Сельскохозяйственная биология, 2020
- Удалова Ж. В., Г. Э. Фолманис, М. А. Федотов, Л. А. Пельгунова, Е. Ю. Крысанов, Ф. К. Хасанов, С. В. Зиновьева Действие нанокремния на содержание фотосинтетических пигментов и биогенных элементов в растениях томатов при инвазии галловой нематодой *Meloidogyne incognita* // Доклады РАН, 2020, том 495, с. 90–94



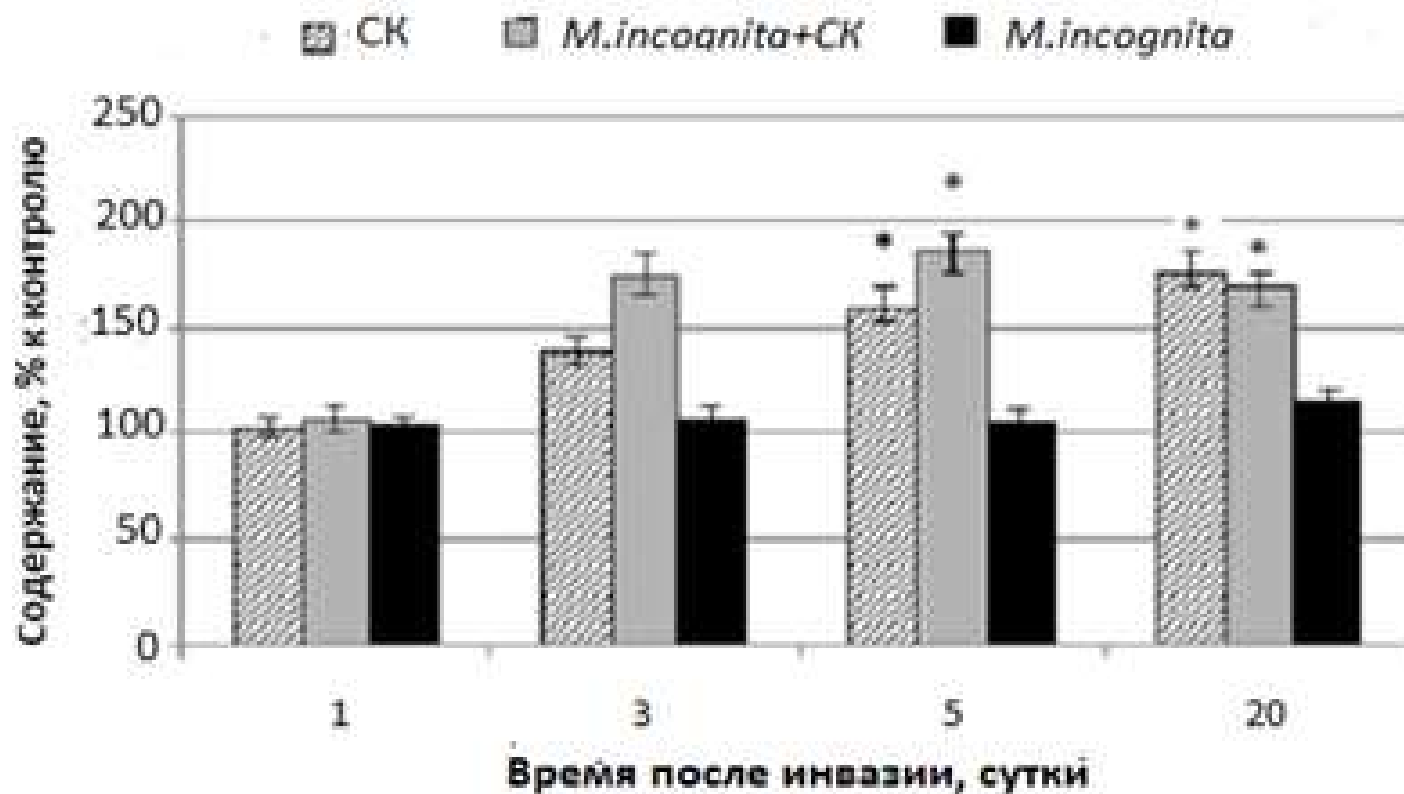




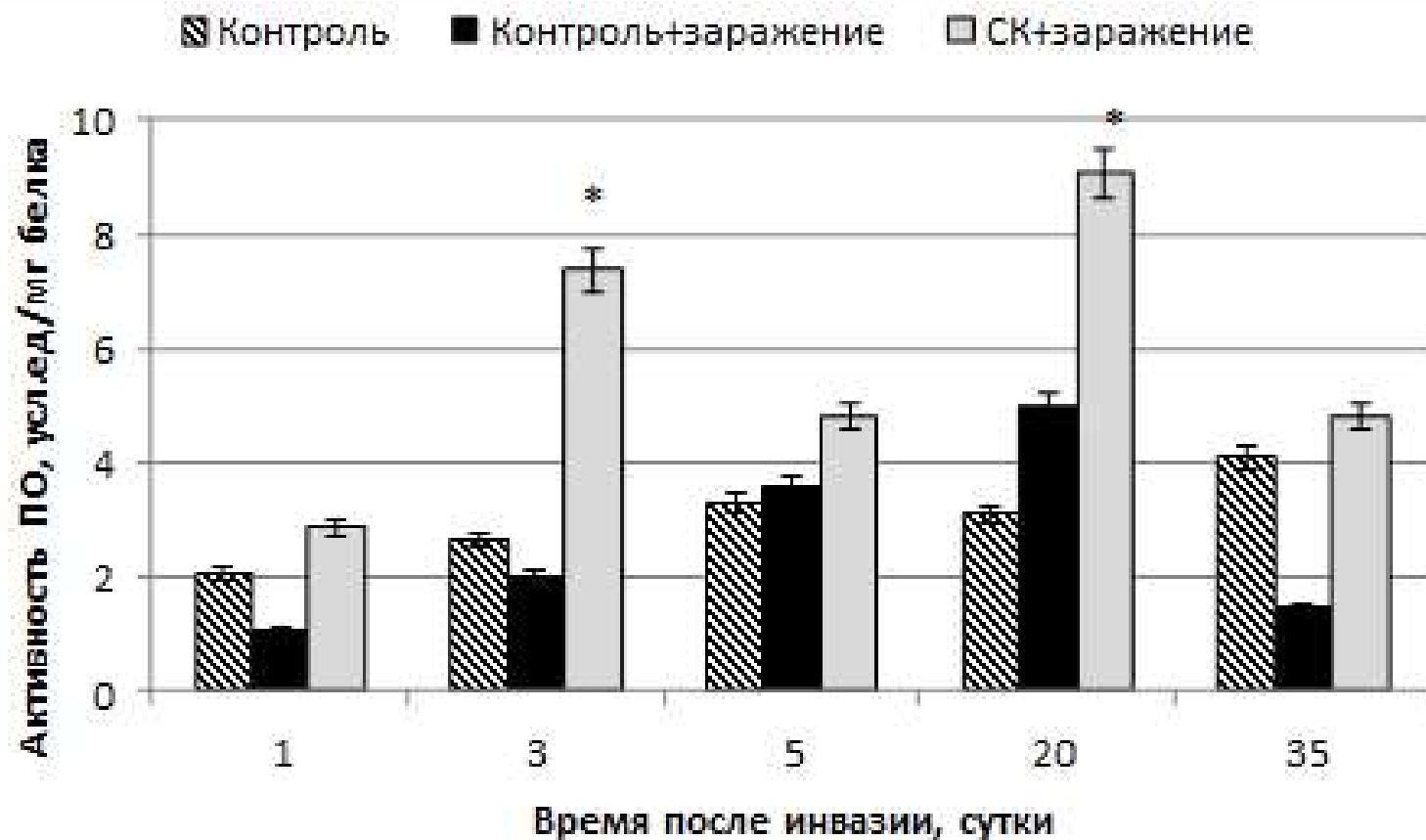
## Салициловая кислота (СК) – стрессовый фитогормон и сигнальная молекула

- СК наиболее активный индуктор образования АФК
- СК обладает ключевой ролью в системной приобретенной устойчивости
- При действии СК инициируются процессы ПОЛ, которые приводят к нарушению в работе ЭТЦ и изменению состава хлоропластных пигментов

# Содержание МДА в корнях томатов при обработке СК



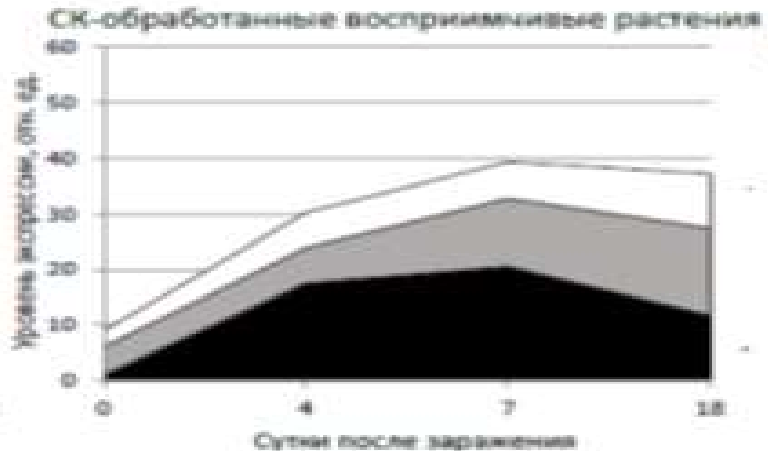
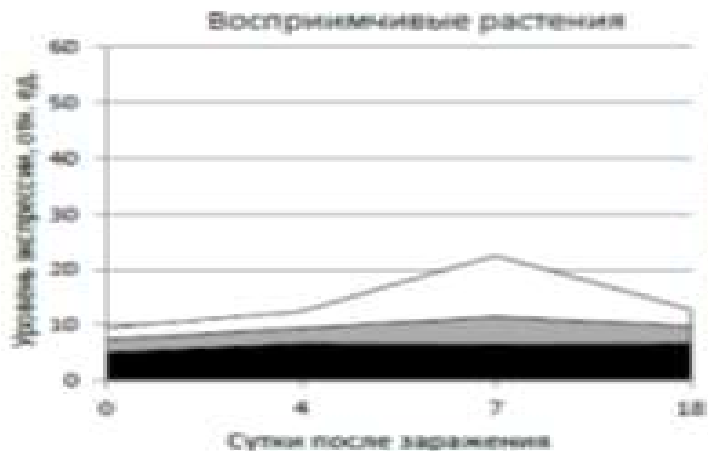
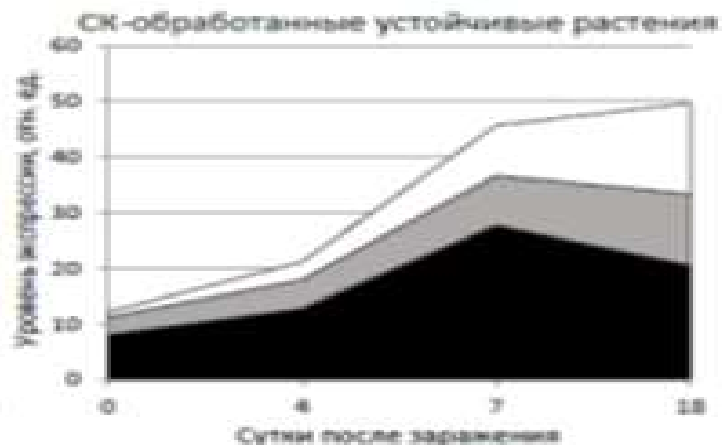
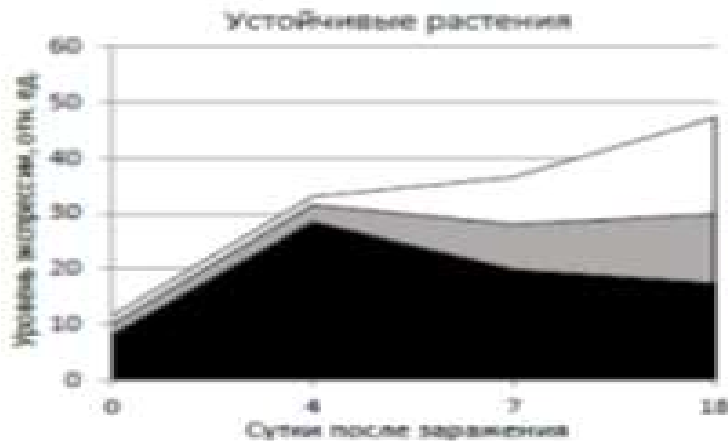
# Влияние СК на активность пероксидазы в корнях томатов



# Влияние СК на содержание фотосинтетических пигментов в томатах

Дни после инвазии	Вариант	Chl a, мг/г сырой массы	Chl b, мг/г сырой массы	Car c мг/г сырой массы	Chl (a+b)+c, мг/г сырой массы
1	K	1,32±0,34	0,48±0,11	0,27±0,03	2,16±0,21
	Mi	1,39±0,29	0,51±0,09	0,28±0,02	1,93±0,35
	Mi+СК	1,39±0,38	0,59±0,19*	0,34±0,02	2,33±0,39
3	K	1,58±0,24	0,65±0,18	0,35±0,03	2,58±0,42
	Mi	1,32±0,34*	0,60±0,12	0,29±0,09*	2,22±0,35*
	Mi+СК	1,59±0,27	0,64±0,18	0,34±0,05	2,57±0,49
5	K	1,69±0,21	0,60±0,23	0,41±0,06	2,71±0,55
	Mi	1,39±0,26*	0,56±0,13	0,33±0,04*	2,28±0,46*
	Mi+СК	1,75±0,27	0,90±0,14	0,42±0,05	2,78±0,57
20	K	1,10±0,31	0,68±0,21	0,56±0,17	2,34±0,55
	Mi	0,87±0,25*	0,65±0,19	0,47±0,13*	2,00±0,51*
	Mi+СК	1,01±0,27	0,69±0,16	0,58±0,16	2,28±0,59

# Экспрессия *R*- и *PR*-генов в корнях устойчивых и восприимчивых растений томата, обработанных СК



■ MI1.2    ■ PR1    □ PR5

## Заключение

- ПОЛ в СК обработанных растениях было выше, особенно при заражении нематодой;
- Достоверное увеличение ПОЛ в СК обработанных растениях наблюдалось в период перехода личинок в седентарную стадию и образования области питания;
- В СК обработанных растениях качественный и количественный состав фотосинтетических пигментов, не был значительно нарушен инвазией;
- Снижение зараженности растений нематодой и изменения в окислительных процессах может указывать на участие таковых в механизме индуцированной устойчивости;
- Экзогенная обработка СК восприимчивых растений модулирует экспрессию и генов, что позволяет регулировать устойчивость томатов к заражению галловой нематодой.