

Глава 7.
ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ

УДК 632.9

**СОСТОЯНИЕ КЛЮЧЕВЫХ ФЕРМЕНТОВ
АНТИОКСИДАНТНОЙ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ
В ЛИСТЬЯХ ПЕРСИКА ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ
ИММУНОИНДУКТОРОВ**

Михайлова Е. В., Янушевская Э. Б., Карпун Н. Н.

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский институт цветоводства и субтропических культур»,
г. Сочи, Россия, e-mail: mixailovaozr@mail.ru*

В результате изучения иммуноиндуцирующего действия альбита, иммуноцитифита и экогеля установлено их стимулирующее влияние на активность ключевых ферментов антиоксидантной системы в листьях персика. Характер ответной реакции каталазы и общей пероксидазы на воздействие этих препаратов не зависел от погодных условий. Степень индуцирующего эффекта определялась свойствами изучаемых иммуноиндукторов. Максимальный стабильный рост ферментативной активности наблюдался после обработки персика альбитом и экогелем в чистом виде и совместно с фунгицидами. Рост интенсивности ферментативных процессов на воздействие иммуноиндукторов является адекватным показателем их стимулирующего действия.

Ключевые слова: иммуноиндукторы, каталаза, пероксидаза, фитопатоген, устойчивость, персик.

Согласно современным исследованиям, определяющая роль в формировании иммунитета растений принадлежит ферментам антиоксидантной системы защиты [18, 20]. Считается, что повышение их активности, в особенности каталазы и общей пероксидазы, обеспечивает защиту тканей растений от активных форм кислорода при стрессовых воздействиях [2, 3]. В концептуальных положениях по применению иммуноиндукторов в системах защиты растений особо выделяется значение показателей активности ферментов каталазы и общей пероксидазы в качестве маркеров интенсивности индуцирующего действия препаратов [9, 10, 16]. При этом установлено, что на состояние ферментативных процессов существенное влияние оказывают неблагоприятные погодные условия [14, 19]. В настоящее время показано, что применение иммуноиндукторов альбита, иммуноцитифита и экогеля повышает болезнеустойчивость персика даже к такому вредоносному фитопатогену, как *Taphrina deformans* (Berk) Tull. [7, 8, 11].

Целью исследований является оценка индуцирующего действия этих препаратов по показателям активности ферментов каталазы и общей пероксидазы в листьях персика.

Исследования проводили в насаждениях персика ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт цветоводства и субтропических культур» (г. Сочи) в 2015–2016 гг. при существенных отличиях метеорологических показателей (табл. 1). Закладка опыта осуществлялась на персике сорта ‘Редхавен’ на фоне однократной обработки бордоской смесью (3 %) в период набухания почек. Оценка интенсивности развития заболеваний персика проводилась в соответствии с общепринятой методикой [12].

Таблица 1

**Метеорологические данные за период наблюдений,
2015–2016 гг. (по данным Сочинской АМС)**

Показатели	Месяцы и декады								
	2015 год								
	май			июнь			июль		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Температура воздуха, °С	9,0	9,5	12,0	12,6	15,9	20,6	20,9	21,9	21,2
Осадки, мм	143,7	48,8	2,4	24,1	8,4	16,0	0,8	16,3	148,6
Влажность воздуха, %	79	77	65	87	73	72	80	81	85
Показатели	2016 год								
	апрель			май			июнь		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	Температура воздуха, °С	12,7	14,3	14,4	14,7	16,4	17,5	18,8	21,7
Осадки, мм	3,4	44,6	56,6	12,0	73,9	20,0	59,3	2,2	7,9
Влажность воздуха, %	73	73	80	84	76	81	81	80	82

Схема эксперимента включала 7 вариантов в 6-кратной повторности:

– контроль (обработка водой, без фунгицидов и иммуноиндукторов);

– альбит, ТПС (250 мл/га) с фунгицидами в половинных нормах расхода: делан, ВГ (0,35 кг/га) – I декада апреля, скор, КЭ (0,1 л/га) – I декада мая и I декада июня;

– иммуноцитифит, ТАБ (0,6 г/га) с фунгицидами в половинных нормах расхода: делан, ВГ (0,35 кг/га) – I декада апреля, скор, КЭ (0,1 л/га) – I декада мая и I декада июня;

– экогель, ВР (15 л/га) с фунгицидами в половинных нормах расхода: делан, ВГ (0,35 кг/га) – I декада апреля, скор, КЭ (0,1 л/га) – I декада мая и I декада июня;

– альбит, ТПС (250 мл/га) без фунгицидов (I декада апреля, мая и июня);

– иммуноцитифит, ТАБ (0,6 г/га) без фунгицидов (I декада апреля, мая и июня);

– экогель, ВР (15 л/га) без фунгицидов (I декада апреля, мая и июня).

Растения, включённые в эксперимент, находились в одинаковых условиях произрастания, были одинакового возраста и габитуса кроны. Все обработки проводились в аналогичные сроки на одних и тех же деревьях. Оценку интенсивности развития курчавости осуществляли в динамике через 7 суток после каждой обработки. Степень развития кластероспориоза определяли через один месяц после прекращения обработок.

Активность каталазы и общей пероксидазы в листьях персика устанавливали в 2015–2016 гг. во всех вариантах опыта по общепринятым методикам [1, 4, 17]. Все результаты исследований обработаны статистически по программе MSExcel.

Исследования в 2015 г. (III декада апреля – I декада июня) проводились в засушливый период при более низкой температуре воздуха по сравнению с 2016 г. Установлено, что изменение гидротермических условий оказывает влияние на ферменты антиоксидантной системы, нарушение функционального состояния которых отражает степень негативного влияния погодных экофакторов [15]. По результатам наших исследований, следствием засухи, наблюдаемой в весенний период 2015 г., явилось снижение активности каталазы в листьях персика в контрольном варианте опыта по сравнению с 2016 г. При воздействии иммуноиндукторов активность изучаемого фермента повышалась независимо от погодных условий (рис. 1).

Интенсивность индуцирующего эффекта зависела от свойств используемых препаратов и была максимальной при применении альбита с половинными дозировками фунгицидов и в чистом виде. Наиболее значительный рост этого показателя фиксировался при засушливых погодных условиях июня 2015 г., несмотря на низкие значения активности каталазы в контрольных вариантах опыта. В этот же период исследования отмечено высокое индуцирующее влияние экогеля при его совместном применении с фунгицидами, уровень каталазной активности на 78 % превышал контрольные значения. При более благоприятных условиях 2016 г. рост активности каталазы в этом же варианте опыта, по сравнению с контролем, находился в пределах 33–49 %. В 2015 г. экогель в чистом виде наиболее интенсивно

стимулировал ферментативные процессы после первой обработки, в третьей декаде апреля уровень изучаемого показателя на 56 % превышал контрольные значения. В июне 2015 г. наблюдалась интенсивная ответная реакция каталазы на применение иммуноцитифита (на 61 % выше контроля). В 2016 г. активирующее действие иммуноцитифита было менее значительным.

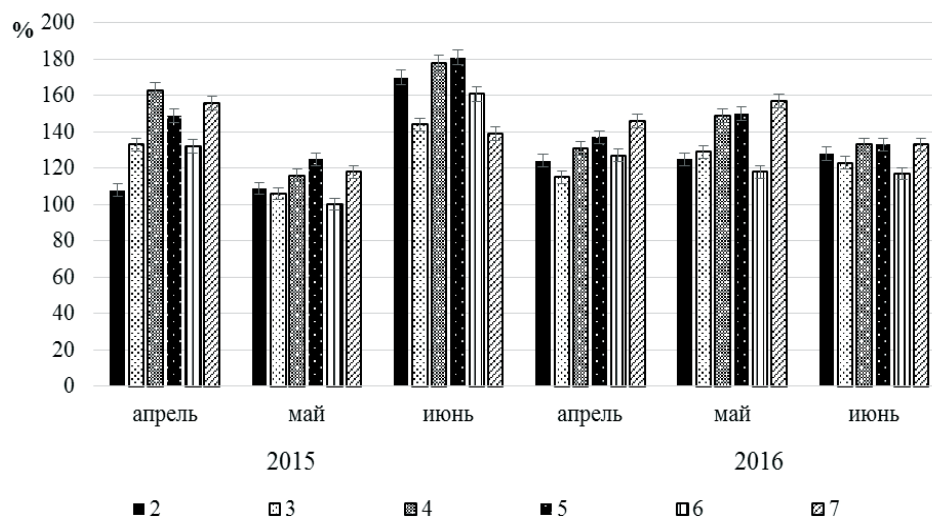


Рис. 1. Влияние иммуноиндукторов на активность каталазы (в % относительно контроля), 2015–2016 гг. Номерами обозначены варианты в соответствии с приведённой выше схемой:

- 2 – альбит в баковой смеси с фунгицидами;
- 3 – иммуноцитифит в баковой смеси с фунгицидами;
- 4 – экогель в баковой смеси с фунгицидами; 5 – альбит в чистом виде;
- 6 – иммуноцитифит в чистом виде; 7 – экогель в чистом виде

Показателем повышения иммунного статуса растений при использовании препаратов элиситорного действия является интенсивность реакции общей пероксидазы в тканях листьев [17]. Погодные условия не оказывали влияния на характер ответной реакции общей пероксидазной активности при применении иммуноиндукторов (рис. 2).

Обработка персика альбитом стимулировала активность фермента не только при нормальных погодных условиях 2016 г., но и в период засухи 2015 г. При этом диапазон ответной реакции общей пероксидазы существенно отличался в различные сроки наблюдения. В варианте опыта при совместном применении альбита с фунгицидами рост активности пероксидазы варьировал с 39 до 262 % по сравнению с

контролем. При использовании альбита в чистом виде интенсивность ответной реакции ферментативного процесса возрастала на 63–321 %. Применение экогеля вызывало аналогичные изменения активности фермента. Активирующее действие иммуноцитопита было существенно ниже по сравнению с альбитом и экогелем.

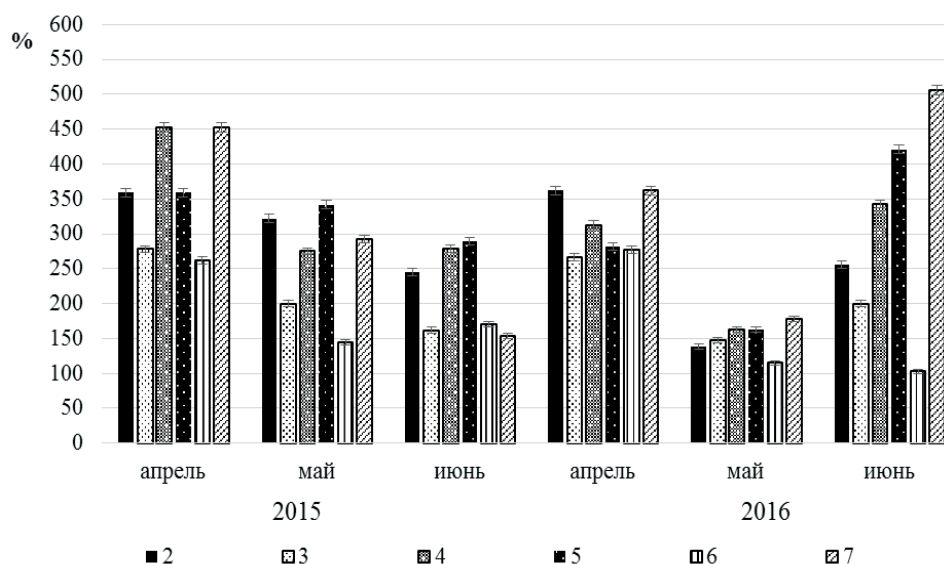


Рис. 2. Влияние иммуноиндукторов на активность пероксидазы (в % относительно контроля), в 2015–2016 гг. Номерами обозначены варианты в соответствии с приведённой выше схемой:

- 2 – альбит в баковой смеси с фунгицидами;
- 3 – иммуноцитопит в баковой смеси с фунгицидами;
- 4 – экогель в баковой смеси с фунгицидами; 5 – альбит в чистом виде;
- 6 – иммуноцитопит в чистом виде; 7 – экогель в чистом виде.

Согласно нашим данным, стимулирующее действие иммуноиндукторов на активность общей пероксидазы и каталазы в листьях персика сопровождается повышением устойчивости растений к *T. deformans* [6, 13]. В этом процессе пероксидаза более отзывчива в своём ответе на действие иммуноиндукторов, степень её ответной реакции на воздействие иммуноиндукторов, в особенности альбита и экогеля, существенно выше, чем каталазы. В результате проведённых исследований установлено, что альбит и экогель в чистом виде и совместно с фунгицидами оказывали значительное индуцирующее воздействие на активность ключевых ферментов антиоксидантной системы.

Библиографический список

1. Алёхина Н.Д., Балнокин Ю.В., Гавриленко В.Ф. и др. Физиология растений / под ред. И.П. Ермакова. – М.: Академия, 2005. – 640 с. – ISBN: 5-7695-1669-0.
2. Гесслер Н.Н., Аверьянов А.А., Белозёрская Т.А. Активные формы кислорода в регуляции развития грибов // Биохимия. – 2007. – Т. 72. – № 10. – С. 1342-1364. – ISSN: 0320-9725.
3. Граскова И.А., Боровский Г.Б., Колисниченко А.В., Войников В.К. Пероксидаза как компонент сигнальной системы клеток картофеля при патогенезе кольцевой гнили // Физиология растений. – 2004. – Т. 51. – № 5. – С. 692-697. – ISSN: 0015-3303.
4. Гунар И.И. Практикум по физиологии растений: учебники и учебные пособия для высших сельскохозяйственных учебных заведений. – М.: Колос, 1972. – С. 102-103.
5. Дьяков Ю.Т., Успенская Г.Д., Семенкова И.Г. Общая фитопатология с основами иммунитета. – М.: Колос, 1976. – 256 с.
6. Карпун Н.Н., Пантия Г.Г., Михайлова Е.В., Янушевская Э.Б. Значение иммуностимуляторов в борьбе с курчавостью персика субтропической зоне черноморского побережья // Субтропическое и декоративное садоводство: сб. науч. тр. – Сочи: ВНИИЦиСК, 2015. – Вып. 55. – С. 152-158. – ISSN: 2225-3068.
7. Карпун Н.Н., Пантия Г.Г., Михайлова Е.В., Янушевская Э.Б. Эффективность иммуноиндукторов в борьбе с фитопатогенами персика // Субтропическое и декоративное садоводство: сб. науч. тр. – Сочи: ВНИИЦиСК, 2016. – Вып. 56. – С.132-136. – ISSN: 2225-3068.
8. Карпун Н.Н., Янушевская Э.Б., Михайлова Е.В. Влияние альбита и экогеля на развитие системного неспецифического иммунитета персика // Вестник АПК Ставрополья. – 2016. – № 2(22). – С. 199-202. – ISSN: 2222-9345.
9. Колупаев Ю.Е. Активные формы кислорода в растениях при действии стрессоров: образование и возможные функции // Вестник Харьковского нац. аграрного ун-та. Сер. Биология. – 2007. – № 3. – С. 6-26. – ISSN: 2075-5457.
10. Креславский В.Д., Лось Д.А., Аллаhverдиев С.И., Кузнецов В.В. Сигнальная роль активных форм кислорода при стрессе у растений // Физиология растений. – 2012. – Т. 59. – № 2. – С. 163-178. – ISSN: 0015-3303.
11. Леонов Н.Н., Сокирко В.П. Применение биопрепаратов на косточковых культурах от болезней в условиях влажных субтропиков России // Труды КубГАУ. – 2015. – № 56. – С.125-131. – ISSN: 1999-1703.
12. Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве / под ред. Долженко В.И. – СПб.: ВНИИ защиты растений РАСХН, 2009. – 379 с.
13. Михайлова Е.В. Эффективность использования иммуноцитифита в системах защиты персика // Селекция и сорторазведение садовых культур: матер. междунар. науч.-практ. конф., посвящённой 170-летию ВНИИСПК, Орёл, 02-05 июня 2015 г. – Орел: ВНИИСПК, 2015. – С. 139-142. – ISBN: 978-5-900705-66-8.
14. Озерецковская О.Л. Индуцирование устойчивости растений к вирусам биогенными элизиторами фитопатогенов // Прикладная биохимия и микробиология. – 1994. – Т. 30. – С. 325-339. – ISSN: 0555-1099.
15. Радюкина Н.Л., Иванов Ю.В., Шевякова Н.И. Методы оценки содержания активных форм кислорода, низкомолекулярных антиоксидантов и активностей основных антиоксидантных ферментов. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2011. – 487 с.
16. Рожнова Н.А., Геращенко Г.А., Бабоша А.В. Действие арахидоновой кислоты и вирусной инфекции на активность фитогемагглютининов при формировании индуцированной устойчивости у табака // Физиология растений. – 2003. – Т. 50. – № 5. – С. 738-743. – ISSN: 0015-3303.

17. Рябчинская Т.А., Харченко Г.Л., Саранцева Н.А., Бобрешова И.Ю., Злотников А.К. Биохимические и физиологические предикторы индуцированного иммунитета при обработке растений иммуноиндукторами группы Альбит // Вестник защиты растений. – 2008. – № 2. – С. 34-41. – ISSN: 1727-1320.
18. Тютюрев С.Л. Научные основы индуцированной устойчивости растений. – СПб.: Наука, 2002. – 328 с.
19. Чиркова Т.В. Физиологические основы устойчивости растений: учебное пособие. – СПб.: СПбГУ, 2002. – 244 с. – ISBN: 5-288-02413-8.
20. Barna B., Adam A.L., Gullner G., Kiraly Z. Role of antioxidant systems and juvenility in tolerance of plants to diseases and abiotic stresses // Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica. – 1995. – Vol. 30. – P. 39-45. – ISSN: 0238-1249.

**THE STATE OF KEY ENZYMES
IN ANTIOXIDANT SYSTEM OF PROTECTION
IN PEACH LEAVES WITHIN IMMUNOINDUCERS IMPACT**

Mikhailova Ye. V., Yanushevskaya E. B., Karpun N. N.

*Federal State Budgetary Scientific Institution
“Russian Research Institute of Floriculture and Subtropical Crops”,
c. Sochi, Russia, e-mail: mixailovaozr@mail.ru*

As a result of studying the immune-inducing action of albite, immunocytophyte and ecogel, there was established their stimulating effect on the activity of key enzymes in the antioxidant system in peach leaves. The nature of the response of catalase and total peroxidase to the effect of these preparations was independent on the weather conditions. The degree of inducing effect was determined by the properties of the studied immunoinducers. The maximum stable growth of enzymatic activity was observed after peach treatment with albite and ecogel in its pure form and together with the fungicides. The growth of enzymatic processes intensity on the effect of immunoinducers is an adequate indicator of their stimulating effect.

Key words: immunoinducers, catalase, peroxidase, phytopathogen, resistance, peach.