

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ПЛОДОВЫХ РАСТЕНИЙ К КИСЛОТНОМУ СТРЕССУ

О.Е. Клименко, Н.И. Клименко

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Ордена трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН, Ялта, Россия, [olga.gnbs@mail.ru](mailto:olga.gnbs@mail.ru)

**Аннотация.** Оксиды серы и азота вызывают загрязнение воздуха и производят значительный окислительный эффект. Растения способны противостоять этому явлению, что связано с активностью антиокислительной системы, которая ингибирует процесс свободнорадикального окисления. Аскорбиновая кислота и глутатион являются важными компонентами этой системы в организме растений, так как они способны к окислительно-восстановительным реакциям. Но роль этих веществ и степень их изменения в тканях плодовых растений при условии загрязнения воздуха недостаточно изучены. В связи с нами мы исследовали изменения содержания аскорбиновой кислоты, глутатиона и общей ред-окс активности в листьях персиковых растений в условиях искусственного кислотного стресса. Кислотное воздействие моделируется путем распыления раствора  $H_2SO_4$  с  $pH = 2$  на ветви деревьев. Ранее мы установили, что эта концентрация  $H_2SO_4$  является токсичной для устойчивых сортов персика. Негативное воздействие проявляется в повреждении листьев, снижении роста и продуктивности до 50% по сравнению с  $pH = 6$  (контроль). В исследование были включены 11 сортов персика (*Prunus persica* L. (Batsch)) на миндалевом подвое (*Prunus dulcis* (Mill.) D.A. Webb.) и 9 сортов абрикоса на подвое абрикос обыкновенный (*Prunus armeniaca* L.). Сорта отбирали по содержанию аскорбиновой кислоты в плодах и различной реакции на кислотный стресс по внешним симптомам. Установлены значительные изменения элементов антиоксидантной системы под влиянием кислотного стресса. Была обнаружена различная реакция сортов в этих условиях. Рано созревающие сорта были более чувствительны к кислотным осадкам. Рассчитаны относительные показатели состояния системы антиоксидантной защиты растений. Была проведена относительная оценка чувствительности изученных сортов к кислотному стрессу с помощью этих показателей. Мы предлагаем использовать показатель ред-окс активности ткани листа в качестве тестового для оценки различных сортов плодовых растений рода *Prunus* L. к кислотному стрессу.

**Ключевые слова:** персик, абрикос, кислотный стресс, показатель редокс активности

**DOI:** 10.31255/978-5-94797-319-8-414-417

Загрязнение окружающей среды воздушными поллютантами часто проявляется в виде выпадения кислотных дождей. Поллютанты, как и другие стрессоры, способствуют образованию активных форм кислорода, нарушающих нормальное функционирование клетки, вызывая разрушение хлоропластов, белков, ДНК, перекисное окисление липидов [Mitteler, 2009; Scandalios, 2005]. Для устранения повреждающего действия оксидантов во всех растительных клетках существует защитная антиоксидантная система, состоящая из целого ряда соединений гидрофильной и гидрофобной природы. Это низкомолекулярные метаболиты, проявляющие антиоксидантные свойства: аскорбиновая кислота (АК), глутатион (ГТ), пролин, полифенолы, каротиноиды и ферменты оксидоредуктазы: каталаза, пероксидазы, супероксиддисмутаза и др. Они защищают клетку от разнообразных экстремальных воздействий, в том числе и от загрязняющих воздух кислот [Безсонова и др., 2010].

Устойчивость и адаптивные способности растения к окислительному стрессу зависят от активности его АОС, которая обусловлена генетически. Степень ее изменения при стрессе у разных генотипов может указывать на способность растения противостоять или повреждаться стресс-фактором. Плодовые растения признаны

чувствительными к кислотным газам [Bell, Treshow, 2002; Singh et al., 1994]. Однако компоненты АОС у древесных (в том числе плодовых) растений в условиях кислотного стресса (КС) изучены недостаточно [Виноградова, 2013; Гарифзянов и др., 2009; Клименко и др., 2008].

В связи с этим целью исследования было изучить изменения общей редокс-активности ткани у наиболее распространенных на юге страны плодовых растений в условиях КС для использования его как тест-фактора оценки устойчивости деревьев к этому неблагоприятному явлению.

Исследования проводили в условиях модельного полевого эксперимента в лаборатории степного садоводства НБС – НИЦ (с. Новый Сад Симферопольского района). Искусственный кислотный дождь (ИКД) создавали путем опрыскивания ветвей первого порядка плодоносящих деревьев персика (*Prunus persica* (L.) Batsch) и абрикоса (*P. armeniaca* L.) раствором  $H_2SO_4$  с pH 2 в дозе 2 мм дождя на протяжении трех часов. Листья отбирали через три дня после обработки кислотой. Контролем служили деревья, опрыснутые дистиллированной водой с pH≈6. В исследование были включены 11 сортов персика и 9 сортов абрикоса, различающихся по срокам созревания, устойчивости к абиотическим стрессам [Клименко и др., 2008].

В листьях определяли общую редокс-активность (ОРА) методом Петта в модификации Прокошева [Практикум..., 1972].

Наши исследования показали, что при воздействии кислотного стресса ОРА снижалась у одних сортов и оставалась неизменной или повышалась у других (рис. 1).

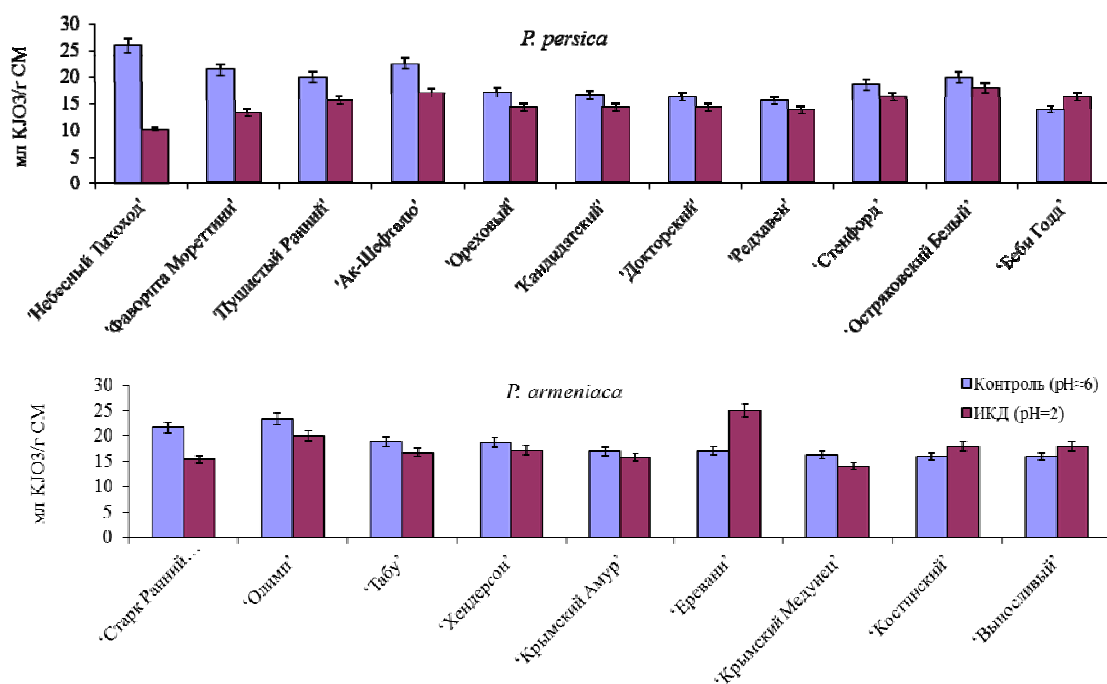


Рис. 1. Изменение ОРА ткани листа растений *Prunus persica* (L.) Batsch и *P. armeniaca* L. под воздействием ИКД.

Установлено, что рано созревающие сорта *P. persica* и *P. armeniaca*, ('Небесный Тихоход', 'Фаворита Мореттини', 'Пушистый Ранний', 'Старк Ранний Оранжевый', 'Олимп') отличались высокими значениями ОРА, но резко снижали их при стрессе. Это свидетельствует о том, что значительная доля антиоксидантов расходовалась в реакциях детоксикации активных форм кислорода, образующихся при стрессе, и не восполнялась в постстрессовый период. У сортов среднего и позднего сроков

созревания ОРА была ниже и при кислотном стрессе либо незначительно снижалась ('Ореховый', 'Кандидатский', 'Докторский', и др.), либо увеличивалась ('Беби Голд', 'Еревани', 'Костинский', 'Выносливый').

А так как ранее по морфологическим показателям и продуктивности было установлено, что рано созревающие сорта, как правило, являются более чувствительными к стрессу, то, следовательно, степень изменения ОРА подтверждает эти данные и может характеризовать степень устойчивости сорта к кислотному стрессу. В связи с этим, впервые предложен показатель антиоксидантной активности (ПАОА), отражающий степень изменения ОРА ткани листа при воздействии кислотного стресса по сравнению с оптимальными условиями. Чем выше этот показатель, тем большей способностью противостоять стрессу обладает АОС.

Показатель ПАОА использован нами как критерий оценки относительной устойчивости сортов рода *Prunus* к КО. Если ПАОА был ниже или равен 70, то растения отнесены в группу неустойчивых (это ранние сорта *P. persica* и *P. armeniaca*: 'Фаворита Мореттини', 'Пушистый Ранний', 'Старк Ранний Оранжевый' и др.), табл. 1. К слабоустойчивым отнесены сорта с ПАОА в пределах 71–100. Это в основном сорта среднего срока созревания: 'Докторский', 'Кандидатский', 'Крымский Амур', 'Крымский Медунец' и др.), К среднеустойчивым сортам с ПАОА 101–150 отнесены сорта *P. persica*: 'Беби Голд' и *P. armeniaca*: 'Еревани' и 'Костинский'.

Таблица 1.

**Относительная устойчивость плодовых растений к КС**

Сорт	Срок созревания	ПАОА	Группа устойчивости
<i>P. persica</i>			
'Небесный Тихоход'	3 / VII	39	неустойчивые
'Фаворита Мореттини'	1 / VII	62	неустойчивые
'Пушистый Ранний'	2 / VII	65	неустойчивые
'Ак-Шефталю'	2 / IX	76	слабоустойчивые
'Ореховый'	3 / VII	84	слабоустойчивые
'Кандидатский'	1 / VIII	86	слабоустойчивые
'Докторский'	1 / VIII	88	слабоустойчивые
'Редхавен'	1 / VIII	88	слабоустойчивые
'Стенфорд'	2 / VIII	88	слабоустойчивые
'Остриковский Белый'	2 / VIII	91	слабоустойчивые
'Беби Голд'	2 / VIII	118	среднеустойчивые
<i>P. armeniaca</i>			
'Старк Ранний Оранжевый'	1 / VII*	71	неустойчивые
'Крымский Медунец'	2 VII	86	слабоустойчивые
'Олимп'	2 VII	86	слабоустойчивые
'Табу'	2–3 / VII	89	слабоустойчивые
'Хендерсон'	3 / VII	91	слабоустойчивые
'Крымский Амур'	3 / VII	93	слабоустойчивые
'Выносливый'	3 / VII –1 / VIII	97	слабоустойчивые
'Костинский'	2 / VII	112	среднеустойчивые
'Еревани'	2 VII	146	среднеустойчивые
* Декада / месяц; сроки созревания сортов приведены для степной зоны Крыма			

Таким образом, показатель ПАОА отражает относительную устойчивость сортов к КС. Чем он выше, тем активнее АОС организма способна преодолевать стресс. Этот показатель может быть использован в селекционном процессе для оценки устойчивости

полученных гибридов к кислотному стрессу на стадии сеянцев, а также для подбора сортимента устойчивых и относительно устойчивых сортов персика и абрикоса при размещении их в районах с повышенным содержанием поллютантов в воздухе.

#### Литература

Безсонова В.П., Дубова О.В., Иванченко О.Є. Вплив забруднення доквілля SO<sub>2</sub> і H<sub>2</sub>S на вміст аскорбинової кислоти та глутатіону в корі пагонів різних за морозостійкістю троянд в осінньо-зимовий період // Труды ДДАУ. – 2010. – № 2. – С. 6–10.

Виноградова Е.Н. Активность свободной и ионносвязанной фракций пероксидазы в листьях *Populus bolleana* Louche насаждений крупного индустриального города // Промышленная ботаника. – 2013. – Вып. 13. – С. 174–179.

Гарифзянов А.Р., Горелова С.В., Иванищев В.В., Музафаров Е.Н. Сравнительный анализ активности компонентов антиоксидантной системы древесных растений в условиях техногенного стресса // Изв. Тульского гос. ун-та. естеств. наук. – 2009. – Вып. 1. – С. 166–178.

Клименко О.Є., Клименко М.І., Горіна В.М. Вплив кислотних опадів на плоді культури // Донецький вісн. наук. товариства ім. Шевченка. – 2008. – Т. 20. – С. 208–225.

Практикум по физиологии растений / Под. ред. проф. И.И. Гунара. – М.: Колос, 1972. – 168 с.

Bell J.N.B., Treshow M. Air pollution and plant life. – England: J. Wiley & Sons, 2002. – 465 p.

Mittler R., Oxidative Stress, Antioxidants and Stress Tolerance // Trends in Plant Science. – 2009. – V. 32. – P. 497–508.

Scandalios J.G., Oxidative Stress: Molecular Perception and Transduction of Signals Triggering Antioxidant Gene Defenses // Braz. J. Med. and Biol. Res. – 2005. – V. 38. – No. 7. – P. 995–1014.

Singh J., Agrawal M., Narayan G. Relative susceptibility of two species of tropical fruit to thermal power plant emission // Trop. Ecol. – 1994. – V. 35. – No 1. – P. 83–96.

### DETERMINATION OF FRUIT PLANTS STABILITY TO ACID STRESS

O.E. Klimenko, N.I. Klimenko

FSBIS "Orders of the Labor Red Banner Nikitsky Botanical Gardens - National Science Center of the Russian Academy of Sciences", Yalta, Russian Federation, [olga.gnbs@mail.ru](mailto:olga.gnbs@mail.ru)

**Abstract.** Oxides of sulfur and nitrogen cause air pollution and produce a significant oxidative effect. Plants are able to resist this phenomenon, which is due to the activity of the antioxidant system, which inhibits the process of free radical oxidation. Ascorbic acid and glutathione are important components of this system in the plant organism, since they are capable of redox reactions. But the roles of these substances and the degree of their change in the tissues of fruit plants under the condition of air pollution have not been sufficiently studied. In connection with this we investigated the changes in the content of ascorbic acid, glutathione and total redox activity in the leaves of peach and apricot plants under conditions of artificial acid stress. The acid effect is modeled by spraying a H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> solution with pH = 2 on the tree branches. Previously we found that this concentration of H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> is toxic to resistant varieties of peach. Negative effects are manifested in leaf damage, reduced growth and productivity up to 50% compared to pH = 6 (control). 11 varieties of peach (*Prunus persica* L. (Batsch) on almond rootstock (*Prunus dulcis* (Mill.) D.A. Webb.) and 9 apricot varieties (*Prunus armeniaca* L.) were included in the study. The varieties were selected for ascorbic acid content in fruits and for various reactions to acid stress on external symptoms. Significant changes in the elements of the antioxidant system under the influence of acid stress have been established. The different reaction of varieties under these conditions was found. The early maturing varieties were more sensitive to acid precipitation. Relative indicators of the state of the system of antioxidant protection of plants are calculated. The relative sensitivity of the studied varieties to acid stress was measured with the help of these indicators. We propose to use the index of the activity of leaf tissue as a test for the evaluation of various varieties of fruit plants of the *Prunus* L. genus to acid stress.

**Keywords:** peach, apricot, acid stress, indicator of redox activity