

УДК 634.21:58.036.5:577.13

DOI: 10.25684/NBG.boolt.129.2018.14

ВЛИЯНИЕ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР НА СОДЕРЖАНИЕ ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ У НЕКОТОРЫХ СОРТОВ АБРИКОСА (*PRUNUS ARMENIACA* L.)

Иван Николаевич Палий, Анфиса Евгеньевна Палий,
Татьяна Борисовна Губанова, Валентина МиленТЬевна Горина

Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН
298648, Республика Крым, г. Ялта, пгт Никита, Никитский спуск, 52
E-mail: runastep@yandex.ru

Исследовано изменение компонентного состава и содержания фенольных веществ в бутонах трех сортов абрикоса с различными сроками цветения при действии отрицательных температур. Установлено, что воздействие низкотемпературного стресса приводит к увеличению содержания фенольных веществ. Показано, что самой высокой морозостойкостью (69%) отличался сорт Крымский Амур, в бутонах которого выявлены максимальные концентрации суммы и индивидуальных фенольных соединений.

Ключевые слова: *Prunus armeniaca* L.; бутоны; морозостойкость; флавоноиды; гидроксикоричные кислоты

Введение

Абрикос *Prunus armeniaca* L. является высокопродуктивной, неприхотливой к почвам культурой. Плоды его приятны на вкус, ароматны, имеют высокие товарные и пищевые качества, содержат значительное количество биологически активных веществ.

Растения абрикоса характеризуются коротким периодом покоя и в районах с неустойчивыми погодными условиями в зимне-весеннее время часто попадают под негативное воздействие весенних заморозков. Это приводит к их нестабильному плодоношению. В связи с этим важное значение имеет отбор генотипов, отличающихся медленными темпами развития и поздним сроком цветения [1].

Особенность климата Южного берега Крыма (ЮБК) в зимний период состоит в частой смене волн тепла и холода, причем резкие колебания температур нередко сопровождаются штормовыми ветрами и осадками. Наблюдения за изменениями климата на ЮБК показали, что в последние десятилетия значительно возросло количество теплых зим, когда основной морозный период приходится на конец календарной зимы (февраль), а в январе с высокой частотой отмечались длительные оттепели [6]. Такие климатические изменения способствуют нарушению процессов закаливания и могут оказывать негативное влияние на цветение таких ценных плодовых культур как абрикос.

Фенольные соединения играют важную роль в защитных механизмах растений, что обусловлено их высокой биологической активностью и широким разнообразием функций, выполняемых ими в растительном организме, в частности – участием в процессах регуляции роста и неферментативной защиты растения от окислительного стресса [7]. Повышение содержания фенольных соединений, как правило, служит ответной реакцией на воздействие стрессовых факторов [8].

Цель работы: определить влияние низкотемпературного стресса на компонентный состав и содержания фенольных соединений в бутонах сортов абрикоса с различными сроками цветения.

Объекты и методы исследования

Объектами исследований служили бутоны следующих сортов *Prunus armeniaca* L.: 'Nagycorosi Orias' (раннецветущий), 'Крымский Амур' (среднецветущий), 'Казачок' (позднецветущий). Образцы для исследования собирали на коллекционных участках Никитского ботанического сада в конце второй декады марта.

Для определения содержания фенольных соединений готовили этанольные экстракты из свежесобранного растительного сырья. Экстракцию проводили 96%-ным этиловым спиртом (при соотношении сырья и экстрагента – 1:10) настаиванием в течение 10 суток при комнатной температуре. Для пробоподготовки и анализа использовали ацетонитрил чистоты для ВЭЖХ производства Pancreas, а также муравьиную кислоту чистоты для ВЭЖХ производства Merk и стандартные образцы хлорогеновой, неохлорогеновой кислот, кемпферола и рутина производства Sigma.

Изучение биохимических показателей в контролируемых условиях проводили с помощью метода искусственного промораживания при воздействии температуры -8°C в течение 10 часов. Градиент понижения/повышения температуры 2°C в час [3]. Для проведения исследований использовали климатическую камеру («Votsch VT 4004», Германия). Компонентный состав и содержание фенольных соединений анализировали в бутонах, отобранных непосредственно с растений в полевых условиях (контроль), так и в моделируемых условиях искусственного промораживания (опыт).

Содержание суммы фенольных веществ определяли спектрофотометрически по методу Фолина-Чиокальтео на спектрофотометре Evolution 220 UV/VIS фирмы Thermo Scientific [5]. Анализ каждой пробы проводили 3 раза. Статистическую обработку полученных результатов проводили с использованием критерия Стьюдента, достоверными считали изменения, где $P < 0,05$.

Компонентный состав фенольных соединений определяли на хроматографе Ultimate 3000 Dionex Thermo Scientific, укомплектованном 4-канальным градиентным насосом LPG-3400SD, со встроенным дегазатором, автоматическим инжектором WPS-3000SL, термостатом колонок TCC-3000SD, диодноматричным детектором DAD-3000. Для проведения анализа была использована аналитическая хроматографическая колонка Eclipse Plus C18, 4.6 на 250 мм, размер частиц 5 мкм. Применяли градиентный режим элюирования. Подвижная фаза В – ацетонитрил, С- 0,1% раствор муравьиной кислоты в деионизированной воде: 0-5 мин 5% В, 5-35 мин – подъем от 5 до 30 % В, 35-40 мин подъем от 30 до 90% В, 40-41 мин подъем до 100% В, 41-46 мин – 100% В, 46-51 мин снижение от 100% В до 5% В, 51-55 мин 5% В. Скорость потока 0,7 мл / мин. Температура термостата колонок 40°C . Объем пробы 7 мкл. Для количественного анализа применяли аналитическую колонку Eclipse Plus C18, диаметром 4,6 мм, длиной 250 мм, размером частиц сорбента 5 мкм [9]. Идентификацию пиков производили на основании совпадения времени удерживания аналита и стандартного образца, а также совпадения УФ-спектров.

Результаты и обсуждение

Установлено, что при действии температуры -8°C морозостойкость (% живых почек) изучаемых сортов 'Nagycorosi Orias' и 'Казачок' составил 31 %, а 'Крымский Амур' – 62 %. После промораживания типичными повреждениями цветочных почек были – некрозы рыльцев пестика и проводящего моста.

В бутонах образцов абрикоса, отобранных в полевых условиях суммарно содержалось от 2500 до 3530 мг/100 г фенольных веществ (Табл. 1). Максимальными концентрациями фенольных соединений отличался сорт Крымский Амур, минимальными – 'Nagycorosi Orias'. Действие отрицательных температур в условиях искусственного промораживания приводило к увеличению содержания фенольных

веществ. Самое большое увеличение (около 20%) их концентрации наблюдалось у позднecветущего сорта Козачок, наименьшее увеличение – у ‘Nagycorosi Orias’.

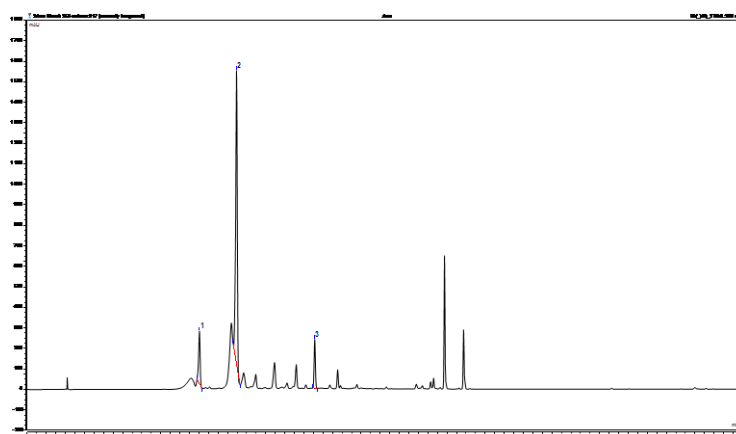
Таблица 1

Содержание фенольных соединений в бутонах абрикоса

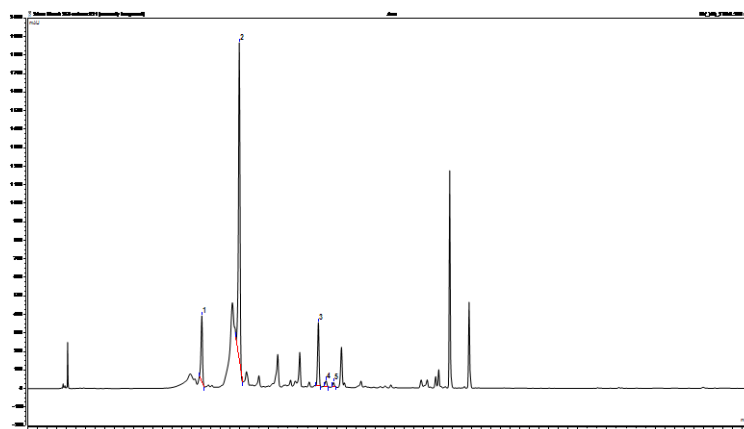
Сорт		Содержание, мг/100 г				
		Сумма фенольных соединений	Нео хлорогеновая кислота	Хлорогеновая кислота	Кемпферол	Рутин
‘Nagycorosi Orias’	контроль	2500±74	102±10	1824±182	-	160±16
	опыт	2620±79	207±20	2027±202	-	253±25
‘Крымский Амур’	контроль	3530±105	616±61	2100±210	-	302±30
	опыт	4183±108	870±86	2394±240	-	793±79
‘Козачок’	контроль	2665±80	379±37	1843±184	-	298±29
	опыт	3332±102	441±44	2199±220	14±1	421±42

* Во всех колонках $\bar{X} \pm \delta$, где \bar{X} - среднее арифметическое, δ – стандартное отклонение

При помощи метода высокоэффективной жидкостной хроматографии проведено исследование компонентного состава фенольных соединений этанольных экстрактов абрикоса (Табл. 1, Рис. 1).



До промораживания



После промораживания

Рис. 1 Хроматограммы экстрактов из бутонов сорта абрикоса Крымский Амур, содержащих фенольные соединения

Фенольные вещества бутонов представлены флавоноидами и гидроксикоричными кислотами, среди которых нами идентифицированы неохлорогеновая и хлорогеновая кислоты, рутин и кемпферол. В литературных источниках также встречаются апигенин-7-*O*-гликозид, кверцетин-3-*O*-гликозид, кемпферол-3-*O*-софорозид, 4'-метоксикемпферол-3-*O*-софорозид, 4'-метоксикверцетин-3-*O*-гликозид и апигенин [2].

Доминирующим фенольным соединением бутонов всех исследованных сортов абрикоса является хлорогеновая кислота, на ее долю приходится до 70% от общего содержания фенольных веществ. Концентрации неохлорогеновой кислоты и рутина значительно ниже, а кемпферол обнаружен лишь в бутонах сорта Козачек после промораживания.

Воздействие отрицательных температур приводило к увеличению концентрации индивидуальных фенольных веществ у всех исследуемых сортов. Максимально увеличивалось содержание рутина (в 1,5-2,0 раза выше контроля) и неохлорогеновой кислоты (в 1,2-2,0 раза выше контроля). Известно, что флавоноиды и гидроксикоричные кислоты, выполняя роль антиоксидантов, участвуют в адаптации растений к неблагоприятным условиям окружающей среды [4, 10]. Выявленные нами изменения в содержании суммы фенольных веществ и индивидуальных соединений могут быть связаны с участием данных соединений в защитных механизмах растений абрикоса.

Выводы

Установлено, что при действии отрицательных температур (до -8°C) в условиях искусственного промораживания максимальной морозостойкостью отличался среднецветущий сорт Крымский Амур (69% живых почек).

В бутонах всех изучаемых сортов абрикоса выявлено высокое суммарное содержание фенольных соединений (до 3530 мг/100 г). Среди фенольных веществ идентифицированы гидроксикоричные кислоты (хлорогеновая и неохлорогеновая) и флавоноиды (рутин и кемпферол). Самыми высокими концентрациями суммы фенольных соединений и индивидуальных компонентов характеризовался сорт Крымский Амур.

Воздействие отрицательных температур приводило к увеличению содержания фенольных соединений, наиболее интенсивно оно увеличивалось у позднецветущего сорта Казачок.

Полученные данные свидетельствуют об участии фенольных веществ в процессе адаптации генеративных органов абрикоса к воздействию стрессовых факторов.

Список литературы

1. Горина В.М., Корзин В.В. Зимостойкость и морозоустойчивость генеративных органов абрикоса в условиях Крыма // Сборник научных трудов Государственного Никитского ботанического сада. – 2015. – Т. 140. – С. 77 – 86.
2. Горина В.М., Рихтер А.А., Зайцев Г.П. Содержание фенольных соединений в генеративных органах растений рода *Prunus* L., различающихся по восприимчивости к *Sclerotinia* (*Monilinia*) Laха // Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин. – 2012. – № 1. – С. 14 – 17.
3. Елманова Т.С. Методические рекомендации по комплексной оценке зимостойкости южных культур. – Ялта, 1976. – 23 с.
4. Запрометов М.Н. Фенольные соединения: распространение, метаболизм и функции в растениях. – М.: Наука, 1993. – 272 с.

5. Методы теххимического контроля в виноделии / Под ред. В.Г. Гержиковой. – Симферополь: Таврида, 2002. – 260 с.
6. Плуатарь Ю.В., Корсакова С.П., Ильницкий О.А. Экологический мониторинг Южного берега Крыма. – Симферополь: ИТ Ариал, 2015. – 161 с.
7. Kabera J.N., Semana E., Mussa A.R., He X. Plant secondary metabolites: biosynthesis, classification, function and pharmacological properties // Pharm. and Pharmacology. – 2014. – Vol. 2. – P. 377 – 392.
8. Mazid M., Khan T.A., Mohammad F. Role of secondary metabolites in defense mechanisms of plants // Biology and Medicine – 2011. Vol. 3 (2). – P. 232 – 249.
9. Plazonic A., Bucar F., Males Z., Mornar A., Nigoviж B., Kujundzic N. Identification and quantification of flavonoids and phenolic acids in burr parsley (*Caucalis platycarpos* L.), using high-performance liquid chromatography with diode array detection and electrospray ionization mass spectrometry // Molecules. – Vol. 14, № 17. – P. 2466 - 2490.
10. Ruiz J.M., Romero L. Bioactivity of the phenolic compounds in higher plants // Studies in Natural Products Chemistry. – 2001. – Vol. 25, Part F. – P. 651–681.

Статья поступила в редакцию 04.09.2018 г.

Paliy I.N., Paliy A.E., Gubanova T.B., Gorina V.M. Influence of negative temperatures on the content of phenolic compounds in some apricot cultivars // Bull. of the State Nikita Botan. Gard. – 2018. – № 129. – P. 101-105.

The change in the component composition and the content of phenolic substances in buds of three cultivars of apricot with different periods of flowering under the action of negative temperatures has been studied. It was found, that the effect of low-temperature stress leads to an increase in the content of phenolic substances. Crimean Amur cultivar was characterized by the highest frost resistance (69%), in buds of which the maximum concentrations of the sum and individual phenolic compounds were detected.

Key words: *Prunus armeniaca* L.; buds; frost-resistance; flavonoids; hydroxycinnamic acids

АГРОЭКОЛОГИЯ

УДК 551.4:631.41:631.538

DOI: 10.25684/NBG.boolt.129.2018.15

ОЦЕНКА ПРИГОДНОСТИ РЕЛЬЕФА МЕСТНОСТИ ПОД ПЛОДОВЫЕ САДЫ

Николай Евдокимович Опанасенко, Анна Павловна Евтушенко

Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН
298648, Республика Крым, г. Ялта, пгт Никита, Никитский спуск, 52
E-mail: anna_yevtushenko@mail.ru

Рассмотрена взаимосвязь рельефа различных территорий степного и предгорного Крыма с микроклиматическими показателями и дана оценка пригодности рельефа местности под плодовые сады.

Ключевые слова: рельеф; микроклимат; плодовые сады; степной и предгорный Крым

Введение

Рельеф Крыма, особенно его крупные геоморфологические образования, описан достаточно подробно. Так, Н.Н. Дзенс-Литовская [2], В.Н. Иванов [3], И.Я. Половицкий, П.Г. Гусев [7] по геоморфологическому строению и характеру рельефа делят Крым на природные районы и характеризуют преимущественно