

Из межвидовых скрещиваний хорошую завязываемость и вызревание плодов отмечено в скрещиваниях видов рода *Microcerasus* с другими видами рода *Prunus*.

Работа выполнена с использованием уникальной научной установки «Система экспериментальных баз, расположенных вдоль высотного градиента» (УНУ СЭБ ГорБС ДНЦ РАН).

Список литературы

1. *Анатов Д.М, Османов Р.М, Асадулаев З.М, Газиев М.А.* Экологические и исторические аспекты разнообразия форм абрикоса в Горном Дагестане // Вестник ДГУ. Естественные науки. – 2015. – Т. XXX, № 1. – С.73 – 81.
2. *Вавилов Н.И.* Проблема происхождения культурных растений в современном понимании // Избранные труды. – М.–Л., 1965. – Т. V. – С.131 – 142.
3. *Общая и частная селекция и сортоведение плодовых и ягодных культур /* Гл. ред. акад. Г.В. Еремин. – М.: Изд-во «Мир», 2004. – 424 с.
4. *Османов Р.М.* Формовое и сортовое разнообразие абрикоса в Горном Дагестане // Современные проблемы биологии и экологии: материалы II международной научно-практической конференции (Махачкала, 4 – 5 марта 2016 г.). – Махачкала, 2016. – С.185 – 187.
5. *Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур /* Гл. ред. акад. Е.Н. Седов и д. с.-х. н. Т.П. Огольцова. – Орел: Изд-во ВНИИСПК, 1999. – 608 с.
6. *Руденко И.С.* Отдаленная гибридизация и полиплоидия у плодовых растений. – Кишинев: Штиинца, 1978. – 196 с.

Osmanov R.M., Anatov D.M. Asadulaev Z.M. Some aspects intra- and interspecific hybridization of the genus *Prunus* L. in the conditions of experimental bases of the Mountain Botanical Garden of DSC, RAS // Woks of the State Nikit. Botan. Gard. – 2017. – Vol.144. – Part I. – P. 219-222.

The article presents the results of the assessment of intra- and interspecific hybridization of the genus *Prunus* L. in the conditions of the Mountain Botanical Garden. It was conducted 5707 crosses in which 1149 fruits were formed and 74 riped during the period from 2013 till 2016 at of experimental bases. Among interspecific crosses good fruit set and ripening was observed in crosses of species *Microcerasus* Webb section with other species of the genus *Prunus*.

Key words: *genus Prunus L.; intra- and interspecific hybridization; fruit set; Dagestan.*

УДК 634.63:631.526.3:547.56:577.15

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА НАКОПЛЕНИЯ ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ И ИЗМЕНЕНИЯ АКТИВНОСТИ ПОЛИФЕНОЛОКСИДАЗЫ У НЕКОТОРЫХ СОРТОВ *OLEA EUROPAEA* L.

**Анфиса Евгеньевна Палий, Оксана Анатальевна Гребенникова,
Иван Николаевич Палий, Татьяна Борисовна Губанова**

ФГБУН «Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН»
298648 пгт. Никита, г. Ялта, Республика Крым, Россия
onlabor@yandex.ru

Изучено изменение содержания фенольных соединений, флавонолов и активности полифенолоксидазы в листьях ряда сортов маслины европейской с различной степенью морозостойкости, произрас-

тающих в условиях Южного берега Крыма. Установлена, что морозостойкость маслины зависит от степени накопления флавонолов, активности полифенолоксидазы и не зависит от суммарной концентрации фенольных соединений.

Ключевые слова: *маслина европейская; морозостойкость; фенольные соединения; флавонолы; полифенолоксидаза.*

Введение

Маслина европейская (*Olea europaea* L.) – одно из древнейших культурных растений на Земле. Она засухоустойчива, к почвам не требовательна, редко поражается болезнями и вредителями. Однако культивирование маслины ограничено из-за низкой устойчивости к отрицательным температурам. Температуры ниже -12°C ... -15°C являются критическими для данного вида [6]. ЮБК является северной границей культурного ареала маслины, и хотя климатические условия позволяют получать хорошие урожаи, однако в отдельные годы погодные условия зимнего периода могут вызывать значительные повреждения маслины, особенно у некоторых интродукционных сортов [1].

В защитных механизмах растений важную роль играют фенольные соединения [9], 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 окислительной токсичности [5].

Полифенолоксидаза (КФ 1.10.3.1) является одним из ферментов, участвующих в защите растений от воздействия патогенов и абиотических стрессовых факторов. Индукция экспрессии генов полифенолоксидазы в ответ на воздействие стрессовых факторов, по мнению ряда авторов, напрямую связана с устойчивостью растений [7, 8, 10].

Целью данной работы являлось изучение динамики накопления фенольных соединений и изменения активности полифенолоксидазы, происходящих в вегетативных органах некоторых сортов маслины европейской в климатических условиях ЮБК.

Объекты и методы

Объектами исследований служили следующие генотипы маслины: морозостойкий сорт Никитская, среднеустойчивый – Асколяно, слабоморозостойкие – Раццо, Кореджиоло и подвид *O. europaea* subsp. *cuspidata*. Никитская – генотип селекции Никитского ботанического сада. Асколяно, Раццо, Кореджиоло, *O. europaea* subsp. *cuspidata* – интродуценты средиземноморского происхождения. Все растения произрастали на коллекционных участках Никитского ботанического сада. Для анализа отбирали однолетние листья со средней части побегов в период с июня 2016 г. по март 2017 г. ежемесячно.

Содержание фенольных соединений определяли фотометрическим методом с использованием реактива Фолина-Чокальтеу [3], флаванолов – по методике Мурри [4], полифенолоксидазы – колориметрически в присутствии пирокатехина и *n*-фенилендиамина [2]. Повторность опытов трехкратная. Для статистической обработки, полученных данных использовали программное приложение STATISTICA for Windows, Release 6.0.

Результаты и обсуждение

По данным агрометеостанции «Никитский сад» в июне 2016 г. наблюдалась изменчивая, преимущественно теплая, временами жаркая погода. Средняя температура воздуха за месяц превышала норму на $2,7^{\circ}\text{C}$, а сумма осадков – на 225%. В июле и августе преобладала жарка с достаточными осадками погода. Средняя температура воздуха за месяц превышала норму на $2,0$ и $3,2^{\circ}\text{C}$, а сумма осадков – на 186 и 260%.

В сентябре преобладала переменчивая преимущественно теплая, сухая, с незначительными осадками погода. Среднемесячная температура воздуха превышала норму на 1,5°C. Осадков за сентябрь выпало очень мало – 9% от нормы, что привело к сильному иссушению верхних слоев почвы. Погода октября была относительно холодной с осадками. Средняя температура воздуха за месяц была на 1°C ниже нормы. В конце месяца над поверхностью почвы отмечались первые заморозки (–0,4°C). Сумма осадков на 138% превышала норму. В ноябре наблюдалась переменчивая, преимущественно холодная, с волнами тепла погода. Средняя температура воздуха была на 0,7°C ниже нормы. Осадки выпадали в течение месяца регулярно.

В течение декабря преобладала холодная погода, с небольшими потеплениями и значительными осадками. В среднем за месяц температура воздуха была на 2,9°C ниже нормы. В отдельные дни – в конце первой – начале второй декады – наблюдались волны тепла: в это время максимальные температуры воздуха достигали 9...13°C. Погода января 2017 года была переменчивой, относительно холодной, в третьей декаде морозной, с обильными осадками. Среднемесячная температура была ниже нормы на 0,9°C. В конце месяца вторжение арктических масс воздуха обусловило морозную погоду, когда среднесуточные температуры воздуха понизились до –0,7...–6,0°C. Морозы сопровождались снегопадами, образовавшими снежный покров до 20 см. В начале февраля преобладала холодная погода, когда удерживались январские морозы. В дальнейшем, благодаря прохождению теплого фронта температура повысилась. В целом погода февраля была относительно теплой, средняя температура воздуха в феврале была на 0,3°C выше нормы. Осадков за февраль выпало немного – 20% от нормы.

Результаты анализа сезонной динамики суммарного содержания фенольных соединений в тканях листьев маслины с июня 2016 г. по февраль 2017 г. не выявили зависимости между изменением концентрации этих веществ и степенью устойчивости изучаемых сортов (табл. 1).

За исследуемый период содержание фенольных соединений изменялось волнообразно, но для каждого сорта только один – два раза эти изменения достигали существенной разницы. В летние месяцы все сорта характеризовались высоким уровнем содержания фенольных соединений, что, возможно, связано с фазой активного роста молодых листьев и комфортными погодными условиями. Минимальные концентрации фенольных соединений были зафиксированы в октябре – ноябре после полного окончания вегетативного роста. Затем для всех сортов, особенно с низкой морозостойкостью, отмечена общая тенденция к незначительному увеличению содержания фенольных соединений в течение всего холодного периода (на 7,3 – 18,8 %).

Таблица 1
Динамика суммарного содержания фенольных соединений в вегетативных органах *Olea europaea*

Дата	Суммарное содержание фенольных соединений, мг/100 г				
	Асколяно	<i>O. europaea</i> subsp. <i>cuspidata</i>	Кореджиоло	Раццо	Никитская
Июнь	688±20	691±20	689±20	700±20	695±20
Июль	695±20	682±18	709±21	700±21	726±21
Август	700±21	689±19	713±21	718±21	740±22
Сентябрь	673±19	660±19	664±19	691±20	678±20
Октябрь	642±19	664±19	660±19	678±19	664±20
Ноябрь	697±21	639±18	666±20	670±18	648±19
Декабрь	744±22	728±20	697±21	697±20	728±21
Январь	755±23	750±21	719±22	715±21	759±23
Февраль	750±22	759±23	728±22	719±22	744±22

При оценке динамики концентрации флавонолов были выявлены существенные различия между степенью устойчивости изученных сортов и изменением концентрации этих веществ (табл. 2). Максимальные значения концентрации флавонолов для сортов Асколяно, Кореджиоло и Никитская, а также второй максимум для подвида *O. europaea* subsp. *cuspidata* были зафиксированы в июне и июле, что, вероятно, связано с фазой активного роста молодых листьев и хорошими погодными условиями. С июля до ноября происходило уменьшение содержания флавонолов, причем интенсивнее у наименее морозостойких сортов. У морозостойкого сорта Никитская концентрация флавонолов уменьшилась в 1,5 раза, а у наименее устойчивого подвида *O. europaea* subsp. *cuspidata* – в 3 раза. В ноябре, до наступления холодного периода, максимальной концентрацией флавонолов отличались сорта Никитская и Асколяно. В течение всего морозного периода отмечалось увеличение концентрации флавонолов (в 1,3 – 3,5 раз), причем наиболее существенно у сортов с низкой морозостойкостью. Так, у слабоустойчивого *O. europaea* subsp. *cuspidata* концентрация флавонолов в тканях листьев в феврале стала выше практически в 3,5 раза, чем была в ноябре.

Таблица 2

Динамика содержания флавонолов в вегетативных органах *Olea europaea*

Дата	Содержание флавонолов, мг/100 г				
	Асколяно	<i>O. europaea</i> subsp. <i>cuspidata</i>	Кореджиоло	Раццо	Никитская
Июнь	455±14	448±13	302±9	253±8	266±8
Июль	448±13	370±11	351±11	255±8	283±8
Август	255±8	283±8	286±9	250±7	260±8
Сентябрь	195±6	250±7	211±6	182±5	221±7
Октябрь	169±5	208±6	182±5	172±5	211±6
Ноябрь	175±5	151±4	110±3	183±5	165±5
Декабрь	215±6	399±12	250±8	231±7	320±10
Январь	318±10	384±11	246±7	231±6	253±8
Февраль	387±11	523±15	279±8	234±7	292±9

Изменение активности полифенолоксидазы в период исследований 2016 – 2017 гг. носило волнообразный характер (табл. 3). Минимальные значения активности фермента отмечены в сентябре в период окончания вегетативного роста. Кроме того, в это время на фоне незначительного числа атмосферных осадков происходило сильное иссушение поверхностного слоя почвы. В зимний период у сортов с низкой морозостойкостью активность полифенолоксидазы резко возрастала в январе (самом холодном месяце зимы) и также резко падала в феврале, после морозной погоды конца января – начала февраля месяца. У сортов Асколяно и Никитская подобные изменения носили более плавный характер. Также следует отметить, что листья наименее морозоустойчивого среди исследованных образцов маслины подвида *O. europaea* subsp. *cuspidata* отличались максимальными значениями активности полифенолоксидазы на протяжении всего периода измерений, за исключением декабря месяца.

Таблица 3

Изменение активности полифенолоксидазы в листьях *Olea europaea*

Дата	Активность полифенолоксидазы, усл. ед/г·с				
	Асколяно	<i>O. europaea</i> subsp. <i>cuspidata</i>	Кореджиоло	Раццо	Никитская
Июнь	0,200±0,006	1,267±0,038	0,200±0,005	1,200±0,079	0,567±0,018
Июль	0,075±0,002	0,300±0,012	0,083±0,003	0,100±0,03	0,050±0,001

Август	0,117±0,004	0,500±0,018	0,117±0,004	0,083±0,002	0,092±0,003
Сентябрь	0,067±0,003	0,117±0,005	0,058±0,002	0,075±0,002	0,067±0,002
Октябрь	0,075±0,003	0,150±0,005	0,117±0,003	0,075±0,001	0,092±0,002
Ноябрь	0,067±0,002	0,300±0,011	0,092±0,002	0,092±0,002	0,100±0,003
Декабрь	0,100±0,003	0,083±0,002	0,058±0,001	0,092±0,002	0,077±0,002
Январь	0,108±0,003	0,250±0,012	0,093±0,002	0,133±0,005	0,092±0,002
Февраль	0,075±0,002	0,183±0,006	0,063±0,003	0,067±0,001	0,083±0,003

Выводы

Исследована сезонная динамика суммарного содержания фенольных соединений, флавонолов и активности полифенолоксидазы в тканях листьев ряда сортов маслины с различной степенью морозостойкости. Выявлена зависимость между изменением концентрации флавонолов, активности полифенолоксидазы и степенью устойчивости к морозу изучаемых сортов.

Список литературы

1. Агрокліматичний довідник по території України / Під ред. Т.І Адаменко, М.І. Кульбіді, А.Л. Прокопенко. – Кам'янець Подільський, 2011. – 108 с.
2. Ермаков А.И. Методы биохимического исследования растений. – Л.: Агропромиздат, 1987. – С. 43-44.
3. Методы теххимического контроля в виноделии / Под ред. В.Г. Гержиковой–Симферополь: Таврида, 2002. – 259 с.
4. Минаева В.Г. Флавоноиды в онтогенезе и их практическое использование. – Новосибирск: Наука, 1978. – 270 с.
5. Kabera J.N., Semana E., Mussa A.R., He X. Plant secondary metabolites: biosynthesis, classification, function and pharmacological properties // Pharm. and Pharmacology. – 2014. – V. II. – P. 377-392.
6. Larcher W. Temperature stress and survival ability of Mediterranean sclerophyllous plants // Plant Biosyst. – 2000. – 134. – P. 279–295.
7. Li L., Steffens J.C. Overexpression of polyphenol oxidase in transgenic tomato plants results in enhanced bacterial disease resistance. // Planta. – 2002. – V. CCXV. – P. 239-247.
8. Mayer A.M. Polyphenol oxidases in plants and fungi: going places // A review. Phytochemistry. – 2006. – V. LXVII. – P. 2318-2331.
9. Mazid M., Khan T.A., Mohammad F. Role of secondary metabolites in defense mechanisms of plants // Biology and Medicine. – 2011. – V. III. – P. 232-249.
10. Thipyapong P., Hunt M.D., Steffens J.C. Antisense down regulation of polyphenol oxidase results in enhanced disease susceptibility // Planta. – 2004. – V. CCXX – P. 105-117.

Paliy A.Ye., Grebennikova O.A., Paliy I.N., Gubanova T.B. Seasonal dynamics of phenolic compounds accumulation and polyphenoloxidase activity changes in some *Olea europaea* L. cultivars // Woks of the State Nikit. Botan. Gard. – 2017. – Vol.144. – Part I. – P. 222-226.

The seasonal dynamics of phenolic compounds total content, flavonols content and polyphenol oxidase activity in olive cultivars leaves with different degree of frost resistance was studied. The dependence between the change in the flavonols concentration, the polyphenol oxidase activity and the resistance degree of the studied varieties was revealed.

Key words: *Olea europaea*; frost resistance; phenols; flavonols; polyphenol oxidase.