

УДК_634.63:631.526.3:547.56:58.036.5

DOI: 10.36305/0513-1634-2019-133-51-56

ДИНАМИКА ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В ЛИСТЬЯХ МАСЛИНЫ ЕВРОПЕЙСКОЙ В ХОЛОДНЫЙ ПЕРИОД НА ЮЖНОМ БЕРЕГУ КРЫМА

Анфиса Евгеньевна Палий, Иван Николаевич Палий,
Ирина Анатольевна Федотова, Екатерина Анатольевна Мелкозерова,
Сергей Юрьевич Цюпка, Оксана Анатольевна Гребенникова

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

Изучена динамика содержания суммы фенольных соединений в листьях четырех сортов и одного подвигда *Olea europaea* L. в холодные периоды 2016 – 2019 гг. на Южном берегу Крыма. Концентрация фенольных веществ колебалась в пределах 642 – 1332 мг/100 г растительного сырья (в пересчете на сырой вес). Выявлено, что содержание фенольных соединений зависит от погодных условий конкретного холодного периода и практически не зависит от степени морозостойкости исследуемых генотипов.

Ключевые слова: *Olea europaea* L.; листья; фенольные соединения; динамика; холодный период на ЮБК

Введение

Маслина европейская (*Olea europaea* L.) является ценной плодовой культурой, она массово выращивается в странах Средиземноморья и в других регионах с субтропическим климатом. Плоды служат источником оливкового масла, богатого полиненасыщенными жирными кислотами. Препараты из листьев, коры и плодов маслины активно используются в народной медицине и фармакологии в качестве средств, проявляющих антиоксидантное, гипогликемическое, противоопухолевое, антимикробное и гипотензивное действие [9, 11].

Растения маслины неприхотливы к почвам, засухоустойчивы, однако, отличаются низкой морозостойкостью [10]: температуры ниже -7°C являются повреждающими, а ниже -12 – -15°C критическими для этой культуры [8, 10]. Климатические условия Южного берега Крыма позволяют получать хорошие урожаи плодов маслины, но зимние колебания температур и неравномерность осадков часто негативно сказываются на устойчивости данной культуры к конкретным погодным условиям [5, 7], поэтому изучение механизмов адаптации маслины к пониженным температурам является актуальным.

В защитных механизмах растений важную роль играют фенольные соединения [4], 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 [15]. Известно, что в листьях маслины содержатся высокие концентрации полифенольных соединений [16]. Испанскими учеными Ortega-García F. и Peralgon P. установлено их участие в формировании устойчивости маслины к воздействию различных стрессовых факторов [12, 13].

Целью исследования являлось сравнительное изучение динамики суммарного содержания фенольных соединений в листьях некоторых сортов и подвигда маслины

европейской с различной степенью морозостойкости в холодные периоды 2016 – 2019 гг. на Южном берегу Крыма.

Объекты и методы исследований

Объектами исследований служили следующие сорта маслины, для которых предварительно была определена степень морозостойкости [2]: морозостойкий сорт 'Никитская', слабоморозостойкие – 'Асколяно', 'Раццо', 'Кореджиоло' и подвид *O. europaea subsp. Cuspidata*. 'Никитская' – сорт селекции Никитского ботанического сада. 'Асколяно', 'Раццо', 'Кореджиоло' – интродуценты средиземноморского происхождения. *O. europaea subsp. Cuspidata* интродуцент африканского происхождения. Для анализа с коллекционных участков Никитского ботанического сада отбирали однолетние листья со средней части побегов. Эталонной высокой морозостойкости служил сорт Никитская, слабой морозостойкости – сорт Кореджиоло и подвид *O. europaea subsp. cuspidata*. Растительный материал отбирали ежемесячно в течение холодных периодов (октябрь-март) с октября 2016 г. по март 2019 г.

Погодные условия холодных периодов в годы исследований приведены согласно данным агрометеостанции «Никитский сад» (Табл. 1)

Таблица 1

Метеорологическая характеристика холодных периодов за годы исследований

Годы	Месяцы	Температура, °С				Количество осадков, мм.	
		t _{мин}	t _{макс}	t _{ср}	t _{норма}	Сумма	Климатическая норма
2016-2017	ноябрь	-0,7	20,9	8,2	8,9	51,8	62,0
	декабрь	-5,6	12,1	2,6	5,5	100,0	83,0
	январь	-7,8	11,1	2,2	3,1	114,3	73,0
	февраль	-5,0	14,2	3,6	3,3	12,9	64,0
	март	2,4	18,5	8,6	5,3	45,6	50,0
2017-2018	ноябрь	0,1	20,0	9,0	8,9	81,1	62,0
	декабрь	-0,1	16,9	8,5	5,5	86,8	83,0
	январь	-3,5	12,9	4,6	3,1	92,5	73,0
	февраль	-2,9	14,0	4,9	3,3	69,2	64,0
	март	-3,4	19,7	6,9	5,3	78,2	50,0
2018-2019	ноябрь	-1,0	18,5	8,3	8,9	93,0	62,0
	декабрь	-0,8	11,0	5,6	5,5	129,1	83,0
	январь	-1,4	13,5	4,9	3,1	109,1	73,0
	февраль	-1,4	13,5	5,4	3,3	43,3	64,0
	март	-1,4	19,0	8,7	5,3	45,0	50,0

Наиболее значительные похолодания были отмечены в январе 2017 г., когда температура воздуха опускалась ниже -7°С и удерживалась более 6 часов.

Для определения фенольных соединений были приготовлены экстракты из свежесобранного растительного сырья. Экстракцию проводили этиловым спиртом (при соотношении сырья и экстрагента 1:10) настаиванием в течение 10 суток при комнатной температуре. Степень измельчения сырья 1 мм.

Содержание суммы фенольных веществ определяли на спектрофотометре Evolution 220 UV/VIS фирмы Thermo Scientific по методу Фолина-Чиокальтео, в пересчете на галловую кислоту (Sigma-Aldrich) [1]. Для обеспечения однородности результатов суммарное содержание фенольных соединений рассчитывали на сырой вес. Повторность опытов 3-кратная. Результаты исследований обрабатывали стандартными методами математической статистики [6].

Результаты и обсуждение

Холодный период 2016 – 2017 гг. Октябрь 2016 г. характеризовался относительно холодной с осадками погодой. Средняя температура воздуха за месяц, по данным агрометеостанции «Никитский сад», была на 1,0° С ниже нормы. В конце месяца над поверхностью почвы отмечались первые заморозки (-0,4°С). Сумма осадков на 138% превышала норму. Погода ноября была переменной и преимущественно холодной. Средняя температура воздуха была на 0,7°С ниже нормы, регулярно выпадали осадки. В декабре погода была холодной, с небольшими потеплениями и значительными осадками. В среднем за месяц температура воздуха была на 2,9°С ниже нормы. В отдельные дни – в конце первой-начале второй декады – наблюдались волны тепла: в это время максимальные температуры воздуха достигали 9 – 13°С. Январь 2017 г. отличался переменной, относительно холодной, в третьей декаде морозной, с обильными осадками погодой. Среднемесячная температура была ниже нормы на 0,9°С. В конце месяца вторжение арктических масс воздуха обусловило снижение среднесуточных температур воздуха до -0,7 – -6,0°С. Морозы сопровождались снегопадами, образовавшими снежный покров до 20 см. Начало февраля было холодным – удерживались начавшиеся в конце января морозы. В дальнейшем, благодаря прохождению теплого фронта, температура повысилась. В целом погода в феврале была относительно теплой, средняя температура воздуха на 0,3°С превышала норму. Осадков за февраль выпало немного – 20% от нормы. Среднемесячная температура воздуха в марте составила 8,6°С, что на 3,3°С выше нормы. Осадков за месяц выпало на 9% ниже нормы.

В начале холодного периода 2016 – 2017 гг. суммарное содержание фенольных соединений составляло 642 – 678 мг/100 г (табл. 2). Минимальные концентрации были зафиксированы в октябре-ноябре после окончания вегетативного роста. В зимние месяцы для всех сортов отмечена общая тенденция к увеличению содержания фенольных соединений. Максимальных значений концентрации фенольных веществ достигали в конце холодного периода, что скорее всего связано с активизацией ростовых процессов.

Таблица 2

Динамика фенольных соединений листьев маслины в холодный период 2016 – 2017 гг.

Генотип	Суммарное содержание фенольных соединений, мг/100 г					
	октябрь	ноябрь	декабрь	январь	февраль	март
Асколяно	642±19	697±21	744±22	755±23	750±22	789±27
<i>O. europaea</i> subsp. <i>cuspidata</i>	664±19	639±18	728±20	750±21	759±23	859±25
Кореджиоло	660±19	666±20	697±21	719±22	728±22	785±26
Раццо	678±19	670±18	697±20	715±21	719±22	813±28
Никитская	664±20	648±19	728±21	759±23	744±22	771±23

Холодный период 2017 – 2018 гг. Погодные условия холодного периода характеризовались сменами волн тепла и холода, немного превышали среднегодовую норму и за последние десятилетия являлись достаточно типичными для ЮБК. В октябре наблюдалась относительно теплая погода, средняя температура воздуха была выше нормы на 0,5°С. Сумма осадков на 110% превышала норму. Погода ноября была переменной, с волнами тепла и холода. К концу месяца на поверхности почвы наблюдались первые заморозки до -4,0 °С. Среднемесячная температура находилась в пределах нормы. Осадки выпадали регулярно в течение месяца. В декабре погода была теплой, на 3,0°С превышала многолетнюю среднемесячную температуру. Во второй декаде декабря минимальная температура воздуха опускалась до 0,1°С (на поверхности почвы до -3,9°С). Осадков выпало на 7% ниже нормы. Январь и февраль характеризовались относительно теплой с обильными

осадками погодой. Среднемесячные температуры превышали норму на 1,5°C в январе и на 1,6°C в феврале. До минимальных значений (-3,0°C) температура воздуха опускалась в конце каждого месяца. Погода марта была неустойчивой, умеренно-теплой и дождливой. Средняя температура воздуха была выше нормы на 1,6°C, сумма осадков составляла 156% от нормы. В первой декаде месяца минимальная температура воздуха опускалась до -3,4°C.

В течение всего холодного периода 2017 – 2018 гг. суммарное содержание фенольных соединений было значительно выше (на 30 – 40%), чем в аналогичный период 2016 – 2017 гг. (табл. 3).

Таблица 3

Динамика фенольных соединений листьев маслины в холодный период 2017 – 2018 гг.

Генотип	Суммарное содержание фенольных соединений, мг/100 г					
	октябрь	ноябрь	декабрь	январь	февраль	март
Асколяно	948±22	995±25	1188±30	1254±32	1155±28	1089±25
<i>O. europaea</i> subsp. <i>cuspidata</i>	916±20	869±20	1155±28	1175±29	1180±30	1122±27
Кореджиоло	980±24	958±21	1167±29	1182±30	1020±24	1230±31
Раццо	1084±26	751±18	702±17	795±15	798±21	1103±28
Никитская	932±23	815±25	710±17	854±20	955±23	1012±30

Изменения концентрации происходили разнонаправленно и практически не зависели от степени морозостойкости исследуемых генотипов. Минимальное содержание фенольных соединений у сортов 'Асколяно', 'Кореджиоло' и подвида *O. europaea* subsp. *cuspidata* было зафиксировано в начале холодного периода, у сортов 'Раццо' и 'Никитская' после первых понижений температуры воздуха до отрицательных значений (в декабре месяце). Максимальных значений концентрации фенольных веществ у сортов 'Асколяно', 'Кореджиоло' и подвида *O. europaea* subsp. *cuspidata* достигали в январе, а у сортов 'Раццо' и 'Никитская' – в конце холодного периода.

Холодный период 2018 – 2019 гг. В октябре 2018 г. преобладала очень теплая, с осадками погода. В среднем за месяц температура воздуха составила 16,1°C, что на 3,1°C выше нормы. Осадков за месяц выпало 40,1 мм (108% от нормы). Погода ноября была относительно холодной с осадками. Средняя температура воздуха составила 8,3°C, что на 0,6°C ниже нормы. Со второй декады наблюдались первые заморозки до -1,0°C. Осадки за месяц составили 150% от нормы. В декабре наблюдалась погода, обусловленная активной циклонической деятельностью. В среднем за месяц температура воздуха составила 5,6°C, что на 0,1°C выше нормы. Наиболее холодно было в середине третьей декады декабря: среднесуточные температуры колебались в пределах 2 – 4°C, а минимальная температура опускалась до -0,8°C. Осадков за месяц выпало 156% от нормы. Январь характеризовался относительно теплой с осадками погодой. В среднем за месяц температура воздуха превышала норму на 1,8°C. В начале месяца, в течение первой декады, из-за прохождения холодных фронтов, было относительно холодно и ветрено, каждый день шли дожди, иногда наблюдался мокрый снег, снежная крупа. Минимальная температура воздуха опускалась до -1,4°C. С начала второй декады наблюдалось постепенное, волнообразное повышение температуры. За январь выпало 109,1 мм осадков или 150% нормы. В феврале погода была относительно теплой с осадками. В среднем за месяц температура воздуха превышала норму на 2,1°C. Максимальных значений (13,5°C) температура воздуха достигала в начале месяца, минимальных (-1,6°C) – в конце месяца. Осадков за февраль выпало 68% от нормы. Погода первой половины марта была относительно теплой с сильными

ветрами. Средняя температура воздуха составила 6,8°C, что на 3,0°C выше нормы. Осадков выпало 2,2 мм или 9% от нормы.

Холодный период 2018 – 2019 гг. характеризовался максимальным уровнем концентрации фенольных веществ с ноября по март месяц у всех исследуемых образцов маслины (табл. 4).

Таблица 4

Динамика фенольных соединений листьев маслины в холодный период 2018 – 2019 гг.

Генотип	Суммарное содержание фенольных соединений, мг/100 г					
	октябрь	ноябрь	декабрь	январь	февраль	март
Асколяно	840±26	1254±36	1249±25	1299±35	1290±37	1304±40
<i>O. europaea</i> subsp. <i>cuspidata</i>	980±39	1265±38	1332±39	1303±38	1315±38	1289±39
Кореджиоло	940±42	1130±24	1036±25	1082±25	1249±36	1116±22
Раццо	800±35	1254±30	1221±32	1287±37	1315±39	1294±34
Никитская	880±29	1166±26	1188±27	1282±38	1160±27	1166±29

Самое низкое содержание фенольных веществ, так же, как и в предыдущие годы, наблюдалось в октябре. Затем в ноябре происходило увеличение концентрации на 10 – 40%, особенно интенсивно она увеличивалась у сортов ‘Асколяно’ и ‘Раццо’. Далее содержание фенольных веществ мало изменялось у сортов ‘Асколяно’, ‘Раццо’ и подвида *O. europaea* subsp. *cuspidata*, у сорта ‘Кореджиоло’ происходили волнообразные изменения концентрации, а у сорта ‘Никитская’ зафиксирован максимум в январе месяце.

Таким образом, анализ динамики фенольных соединений в листьях маслины в холодные периоды последних трех лет показал, что суммарное содержание фенольных веществ зависит от конкретных погодных условий и практически не зависит от степени морозостойкости сортов и подвида маслины.

Выводы

Изучена динамика суммарного содержания фенольных соединений в листьях некоторых сортов маслины европейской с различной степенью морозостойкости в холодные периоды 2016 – 2019 гг. на Южном берегу Крыма. Известно, что интенсивность и продолжительность ростовых процессов у маслины зависят от температуры и влагообеспеченности [3], а холодные периоды 2017 – 2018 гг. и 2018 – 2019 гг. характеризовались более высокими температурными показателями и количеством осадков. Подобные погодные условия явились причиной пролонгирования ростовых процессов и позднего наступления вынужденного покоя, которые сопровождались более интенсивным накоплением фенольных веществ, по сравнению с относительно холодной зимой 2016 – 2017 гг. у всех изучаемых представителей вида *O. europaea*. Полученные результаты не выявили однозначной зависимости между изменением содержания фенольных соединений и степенью морозостойкости маслины.

Список литературы

1. Гержилова В.Г. Методы теххимического контроля в виноделии. – Симферополь: Таврида, 2002. – 259 с.
2. Губанова Т.Б., Браилко В.А., Палий А.Е. Морозостойкость некоторых вечнозеленых видов семейств *Oleaceae* и *Caprifoliaceae* на Южном берегу Крыма // Бюллетень ГНБС. – 2017. – Т. 125. – С. 103–108.
3. Жигаревич И.А. Культура маслины. – М.: Сельхозгиз, 1955. – 248 с.

4. Запрометов М.Н. Фенольные соединения: распространение, метаболизм и функции в растениях. – М.: Наука, 1993. – 272 с.
5. Корсакова С.П. Обзор стихийных гидрометеорологических явлений в районе Никитского ботанического сада // Сборник науч. трудов ГНБС. – 2014. – Т. 139. – С. 79–93.
6. Лакин Г.Ф. Биометрия: учебное пособие для биологических специальностей вузов. – М.: Высшая школа, 1990. – 352 с.
7. Плугатарь Ю.В., Корсакова С.П., Ильницкий О.А. Экологический мониторинг Южного берега Крыма. – Симферополь: Ариал, 2015. – 164 с.
8. Cansev A., Gulen H., Eris A. Cold-hardiness of olive (*Olea europaea* L.) cultivars in cold-acclimated and non-acclimated stages: seasonal alteration of antioxidative enzymes and dehydrin-like proteins // Journal of Agricultural Science. – 2009. – № 147. – P. 51–61.
9. El S.N., Karakaya S. Olive tree (*Olea europaea*) leaves: potential beneficial effects on human health // Nutrition Reviews. – 2009. – Vol. 67, №11. – P. 632–638.
10. Larcher W. Temperature stress and survival ability of Mediterranean sclerophyllous plants // Plant Biosyst. – 2000. – Vol. 134. – P. 279–295.
11. Lockyer S., Yaqoob P., Spencer J.P.E., Rowland I. Olive leaf phenolics and cardiovascular risk reduction: Physiological effects and mechanisms of action // Nutrition and Aging. – 2012. – Vol. 1. – P. 125–140.
12. Ortega-Garcia F., Peragon J. Phenol metabolism in the leaves of the olive tree (*Olea europaea* L.) cv. Picual, Verdial, Arbequina, and Frantoio during ripening // J. Agricultural and Food Chemistry. – 2010. – Vol. 58. – P. 12440–12448.
13. Ortega-Garcia F., Peragon J. The response of phenylalanine ammonia-lyase, polyphenol oxidase and phenols to cold stress in the olive tree (*Olea europaea* L. cv. Picual) // J. Agr. and Food Chem. – 2009. – Vol. 89. – P. 1565–1573.
14. Romero P.M., Jesus T.M., Ramo T., Jose Moltiva M. Effect of crop season on the composition virgin olive oil with protected designation of origin 'les garrigues' // J. Am. Oil Chem. Soc. – 2003. – Vol. 80. – P. 423–430.
15. Saibandith B., Spencer J.P., Rowland I.R., Commane D.M. Olive Polyphenols and the Metabolic Syndrome // Molecules. – 2017. – Vol. 22, № 7. – P. 1082.
16. Talhaoui N., Taamalli A., Gómez-Caravaca A.M., Fernández-Gutiérrez A., Segura-Carretero A. Phenolic compounds in olive leaves: Analytical determination, biotic and abiotic influence, and health benefits // Food Res. Int. – 2015. – Vol. 77, № 2. – P. 92–108.

Статья поступила в редакцию 05.05.2019 г.

Paliy A.E., Paliy I.N., Fedotova I.A., Melkozerova E.A., Tsupka S.Yu., Grebennikova O.A. Dynamics of phenolic compounds content in *Olea europaea* L. leaves during the cold period on the Southern Coast of the Crimea // Bull. of the State Nikita Botan. Gard. – 2019. – № 133. – P. 51–56.

Dynamics of total phenolic compounds content in the leaves of four cultivars and one subspecies of *Olea europaea* L. were studied during the cold periods of 2016–2019 years on the Southern Coast of the Crimea. The concentration of phenolic substances ranged from 642 to 1332 mg/100 g of fresh biomass. It was found out that the content of phenolic compounds depended on weather conditions during a particular cold period and it did not almost depend of the degree of frost resistance of the studied genotypes.

Key words: *Olea europaea* L.; leaves; phenolic compounds; dynamics; cold period on the Southern Coast of the Crimea