

DOI: 10.12731/2658-6649-2025-17-2-1148

EDN: HAMDEP

УДК 633.852.73:631.671.3



Научная статья

ОЦЕНКА ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТИ СОРТОВ И ГИБРИДОВ МАСЛИНЫ ЕВРОПЕЙСКОЙ

С.Ю. Цюпка, Ю.В. Плугатарь, В.А. Цюпка, И.В. Булавин

Аннотация

Обоснование. Маслина европейская (*O. europaea* L.) является одной из основных плодовых культур в мире. Наибольшее распространение она получила в Средиземноморском районе. В последние годы из-за глобального потепления и аридизации земли большинство стран-производителей маслины терпят значительные убытки и вынуждены переносить посадки маслины из традиционных южных регионов в более влажные северные. Недостаточные осадки и нехватка поливной воды являются в настоящее время одним из лимитирующих факторов в распространении данной культуры. Производители все чаще ориентируются на посадку засухоустойчивых сортов, которые в условиях недостаточного водоснабжения могли бы давать высокие и регулярные урожаи. В связи с этим, **целью** настоящего исследования было выделить генотипы *O. europaea* с высокой адаптационной способностью к засушливым условиям юга России и определить наиболее информативные показатели засухоустойчивости для скрининга коллекции.

Материалы и методы. Исследования показателей водного режима (водоудерживающей способности, водного дефицита, оводненности) и относительный выход электролита при повреждении клеточной мембраны в условиях дегидратации тканей листа проводили на 60 внутривидовых гибридах маслины европейской. Контролем служили сорта Corregiolo и Ascolano.

Эксперименты выполняли в лабораторных условиях при постоянной контролируемой температуре 30°C и относительной влажности воздуха 30%. Оценка показателей засухоустойчивости проводили после насыщения тканей листа водой (контроль), а также после дегидратации таковых в течение 24, 48 и 72 часов.

Результаты. На основании кластерного анализа, проведенного по основным показателям засухоустойчивости выделено четыре основных группы

генотипов маслины европейской с различной устойчивостью к засухе. Наибольший интерес представляют гибриды, которые по результатам исследования были включены в группу с очень высокой засухоустойчивостью. Этот кластер включает в себя 14 наиболее перспективных гибридов, которые превосходят по засухоустойчивости контрольный сорт маслины Ascolano. Водопотеря через 72 часа завядания у этих образцов варьировала от 20,81 до 33,63%, а относительный выход электролита – от 0,27 до 0,36 отн. ед., что позволяет сделать вывод об очень высокой их засухоустойчивости. На основе анализа главных компонент между различными критериями водного режима растений маслины была показана взаимосвязь, и влияние на интегральную оценку засухоустойчивости. Отмечено, что наиболее информативным показателем, имеющим отрицательную корреляцию с водопотерей и относительным выходом электролита при повреждении клеточной мембраны, является водоудерживающая способность. Такие показатели-индикаторы засухоустойчивости как содержание воды в листьях, водный дефицит и относительное содержание воды в листьях оказались недостаточно информативны для отбора засухоустойчивых сортов и форм маслины.

Ключевые слова: сорт; засухоустойчивость; относительный выход электролита; *Olea europaea* L.

Для цитирования. Цюпка, С. Ю., Плугатарь, Ю. В., Цюпка, В. А., & Булавин, И. В. (2025). Оценка засухоустойчивости сортов и гибридов маслины европейской. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 17(2), 478-504. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2025-17-2-1148>

Original article

DROUGHT RESISTANCE ASSESSMENT OF EUROPEAN OLIVE CULTIVARS AND HYBRIDS

S. Yu. Tsiupka, Y.V. Plugatar, V.A. Tsiupka, I.V. Bulavin

Abstract

Background. Olive (*O. europaea* L.) is one of the main fruit crops in the world. It is most widespread in the Mediterranean region. In recent years, due to global warming and aridization of the earth, most olive-producing countries have suffered significant losses and are forced to transfer olive plantings from the traditional southern regions to the more humid northern ones. Insufficient precipitation and lack of irrigation water are currently some limiting factors in this crop's spread. Pro-

ducers are increasingly focusing on planting drought-resistant cultivars that could produce high and regular yields in conditions of insufficient water supply. In this regard, this study **aimed** to identify genotypes of *O. europaea* with high adaptive ability to the arid conditions of southern Russia and to determine the most informative indicators of drought resistance for collection screening.

Materials and methods. Studies of water regime indicators (water-holding capacity, water deficiency, water content) and relative electrolyte yield, when the cell membrane is damaged under conditions of dehydration of leaf tissues, were carried out on 60 intraspecific hybrids of European olive. Corregiolo and Ascolano cultivars served as the control.

The experiments were performed in laboratory conditions under controlled temperature of 30°C and relative air humidity of 30%. After leaf tissues' saturation with water (control), as well as after they were dehydrated for 24, 48 and 72 hours, drought resistance indicators were assessed.

Results. Based on a cluster analysis, the main indicators of drought resistance, four groups of olive genotypes with different resistance to drought were identified. The greatest interest is for hybrids in the group with very high drought resistance. This cluster consists of 14 of the most promising hybrids that are superior in drought resistance to the control olive variety Ascolano. Water loss for these accession varied from 20.81 to 33.63%, and the relative yield of electrolyte varied from 0.27 to 0.36 RU, which allows us to conclude that their drought resistance is very high. Based on the analysis of principal components between various criteria of the water regime of olive plants, the relationship and influence on the integral assessment of drought resistance was shown. It is noted that the most informative indicator, which has a negative correlation with water loss and the relative yield of electrolytes when the cell membrane is damaged, is water-holding capacity. Indicators of drought resistance such as water content in leaves, water deficit, and relative water content in leaves are not sufficiently informative for the selection breeding of drought-resistant cultivars and forms of olive.

Keywords: cultivars; drought resistance; relative electrolyte yield; *Olea europaea* L.

For citation. Tsiupka, S. Yu., Plugatar, Y. V., Tsiupka, V. A., & Bulavin, I. V. (2025). Drought resistance assessment of olive cultivars and hybrids. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 17(2), 478-504. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2025-17-2-1148>

Введение

Маслина европейская (*O. europaea* L.) является одной из наиболее культивируемых плодовых пород. Выращивают маслину в 47 странах мира. Основные из них по промышленному производству *O. europaea*:

Испания, Греция, Италия, Марокко, Франция, Сирия, Турция, Тунис [23; 42; 46]. По данным за 2022 год площадь под этой культурой составила 10,9 млн. га [23]. В Российской Федерации сходные почвенно-климатические условия культивируемого ареала маслины имеет Республика Крым, что делает *O. europaea* перспективной масличной культурой для юга нашего государства. В настоящее время она выращивается в субтропической зоне Крыма и Краснодарского края, однако благодаря высокой экологической пластичности вида есть потенциал для его культивирования и в других южных регионах России. Предпосылкой к расширению площадей является глобальное потепление климата, а также проведение направленной селекции по данной культуре [1]. В последние годы аридизация земель является одним из основных лимитирующих факторов в распространении сельскохозяйственных растений [22; 28]. Производителям маслины зачастую приходится переносить свои посадки из традиционных южных районов Европы в более прохладные и влажные северные [24; 39]. Ареал возделывания *O. europaea* постепенно перемещается на север, с акцентом на выращивание и создание морозостойких и засухоустойчивых сортов. Это определяет возможные перспективы увеличения площадей возделывания данной культуры на Юге России. Для данных территорий также актуальна проблема атмосферной засухи и недостаточного водоснабжения для организации орошения. Маслина европейская – ксерофитная культура, однако ее сорта различаются по своей засухоустойчивости [17; 47] из-за структурных и морфологических особенностей листьев, устьичной проводимости и эффективности использования воды [8; 13; 14; 26; 41].

В Никитском ботаническом саду создан уникальный генофонд маслины, включающий 267 сортов и около 2000 гибридных форм [44; 48]. Это хорошая база для получения сортов с определенными признаками, включая засухоустойчивость. Культивирование маслины европейской на юге страны позволит снизить уровень импортозависимости за счет производства отечественной плодовой продукции, что закреплено в «Федеральной научно-технической программе развития сельского хозяйства на 2017 - 2030 годы» и действующем законодательстве РФ (Постановление Правительства РФ от 13 мая 2022 г. N 872 «О внесении изменений в постановление Правительства Российской Федерации от 25 августа 2017 г. N 996») [4].

В связи с этим, целью настоящего исследования было выделить генотипы *O. europaea* с высокой адаптационной способностью к засушливым условиям юга России и определить наиболее информативные показатели засухоустойчивости для скрининга коллекции.

Материалы и методы исследования

Для исследований использовали многолетние растения маслины европейской, произрастающие на коллекционных участках Никитского ботанического сада – Национального научного центра (НБС-ННЦ, Ялта) в одинаковых климатических и почвенных условиях. Места отбора проб и проведения экспериментов обозначены координатами GPS (44°51'24' N, 34°23'94' E, 200 м над уровнем моря). В этом районе субтропический климат с сухим и жарким летом и влажной зимой, при этом осадки в основном концентрируются в осенний и зимний сезоны. Среднегодовая продолжительность солнечного сияния составляет 2285 часов, количество осадков – 188 мм с мая по сентябрь и 595 мм за весь год. Абсолютный максимум температуры составляет 39,0°C. Среднегодовая температура (+12,4°C), среднегодовая влажность воздуха 67%. Почва бурая, слабоизвестковая, тяжелосуглинистая на глинистых сланцах и известняках [2].

Исследования проводили в 2021–2024 гг. на 60-70-летних деревьях, посаженных на расстоянии 5x5 м друг от друга, с плотностью посадки 400 деревьев на га⁻¹ и южной экспозицией склона. В качестве материала использовали листьях 62 генотипов *O. europaea* различного генетического происхождения (Таблица 1). Контролем служили сорта Ascolano и Corregiolo.

Таблица 1.

Объекты исследований

№ п/п	Сорт, форма	Происхождение
1	Corregiolo (контроль)	Страна-происхождения – Италия. Мировой стандарт, один из наиболее распространенных сортов масличного назначения
2	Ascolano (контроль)	Страна-происхождения – Италия. Один из наиболее распространенных сортов столового (консервного) назначения, мировой стандарт в засухоустойчивости маслины европейской
3	35-1/8	Сеянец Corregiolo от свободного опыления
4	35-1/16	Сеянец Corregiolo от свободного опыления
5	35-1/26	Никитская Крупноплодная х (Ascolano х Крымская)
6	35-1/17	Сеянец Обильная х Ascolano
7	35-1/32	Сеянец Corregiolo от свободного опыления
8	35-1/31	Сеянец Corregiolo от свободного опыления
9	35-1-18	Сеянец Крымская от свободного опыления
10	35-1/3	Сеянец Corregiolo от свободного опыления
11	35-2/4	Ascolano х (Крымская х Никитская 1)

12	35-2/30	Никитская Крупноплодная х (Ascolano х Крымская)
13	35-2/14	Сеянец Corregiolo от свободного опыления
14	35-2/18	Сеянец Corregiolo от свободного опыления
15	35-2/23	Сеянец Corregiolo от свободного опыления
16	35-3/7	Сеянец Corregiolo от свободного опыления
17	35-3/3	Сеянец Corregiolo от свободного опыления
18	35-4/31	Сеянец D'Elemsen от свободного опыления
19	35-4/26	Сеянец Corregiolo от свободного опыления
20	35-4/4	Сеянец Ранняя от свободного опыления
21	35-4/17	Сеянец Крымская х Ранняя
22	35-4/11	Сеянец Dalmatica от свободного опыления
23	35-4/15	Сеянец Юбилейная от свободного опыления
24	35-4/32	Сеянец Никитская Крупноплодная от свободного опыления
25	35-5/1	Сеянец Ранняя х Крымская
26	35-5/12	Сеянец Мелколистная х Никитская 1
27	35-5/13	Сеянец Мелколистная х Никитская 1
28	35-5/18	Сеянец Ascolano от свободного опыления
29	35-5/15	Сеянец Никитская х Ascolano
30	35-5/17	Сеянец Никитская Крупноплодная х (Ascolano х Никитская 1)
31	35-5/31	Сеянец Никитская 1 от свободного опыления
32	35-6/3	Сеянец Тунисская от свободного опыления
33	35-6/25	Сеянец Тунисская от свободного опыления
34	35-6/15	Сеянец Никитская 5 от свободного опыления
35	35-6/11	Сеянец Никитская 5 от свободного опыления
36	35-7/31	Сеянец Никитская Крупноплодная х ((Ascolano х Превосходная х Никитская 1))
37	35-7/15	Сеянец Corregiolo х Крымская
38	35-7/9	Сеянец Никитская Крупноплодная от свободного опыления
39	35-8/42	Сеянец Corregiolo от свободного опыления
40	35-8/47	Сеянец Corregiolo от свободного опыления
41	35-8/25	Сеянец Никитская Крупноплодная от свободного опыления
42	35-8/26	Сеянец Мелколистная х Тифлисская
43	35-8/9	Сеянец Ранняя от свободного опыления
44	35-8/4	Сеянец Никитская 1 х (Никитская Крупноплодная х Ascolano)
45	35-8/28	Сеянец Тунисская от свободного опыления
46	35-9/5	Сеянец Испанская от свободного опыления
47	35-9/37	Сеянец Ascolano х (Ломашенская х Толгомская)

48	35-10/36	Сеянец Мелколистная х Тифлисская
49	35-10/30	Сеянец Никитский 1 х свободное опыление
50	35-11/15	Сеянец Dalmatica от свободного опыления
51	35-11-24	Сеянец Corregiolo от свободного опыления
52	35-11/25	Сеянец Corregiolo от свободного опыления
53	35-13/37	Сеянец Agalandau от свободного опыления
54	35-13/38	Сеянец Албанская от свободного опыления
55	35-13/2	Сеянец Тунисская от свободного опыления
56	35-14/10	Сеянец Corregiolo х Никитская Крупноплодная
57	35-15/23	Сеянец Corregiolo х Никитская Крупноплодная
58	35-15/31	Сеянец Превосходная х Никитская Крупноплодная
59	35-15/13	Сеянец Никитская Крупноплодная х Ascolano
60	35-15/36	Сеянец Corregiolo от свободного опыления
61	35-16/16	Сеянец Превосходная от свободного опыления
62	35-16/13	Сеянец Превосходная х (Ascolano х Крымская)

Оценку показателей засухоустойчивости выполняли в лабораторных условиях после насыщения тканей листа водой (контроль), а также после их дегидратации в течение 24, 48 и 72 часов. Гидротермический стресс моделировали в климатической тест-камере ТТС 256 Memmert (Memmert, Германия, 2017). Дегидратацию проводили при контролируемой температуре 30°C и относительной влажности воздуха 30%.

Водный статус растений оценивали по общей оводненности листьев, водоудерживающей способности, водному дефициту листьев и транспирационной активности.

Содержание влаги в листьях (LWC) и дефицит водонасыщения (WSD), водоудерживающую способность через 24, 48 и 72 часа (R24, R48, R72) в листьях определяли весовым методом [3; 5; 19; 31; 36; 45] с использованием прецизионных весов Pioneer PA4102 (Ohaus, Китай) и сушильного шкафа PE-4610 (Экросхим, Россия). Листья отбирали из среднего яруса кроны, средней части побегов, равномерно расположенных по кроне. Для каждого варианта опыта средняя проба составляла 3 листа с 3 растений каждого сорта. После сбора листовых пластинок сразу проводили измерения для определения свежего веса листьев (FW). Массу листьев после насыщения (TW) определяли путем их погружения в дистиллированную воду на 24 ч при комнатной температуре (до достижения постоянной массы) в темноте по методике описанной у M.S. Islam et al. [30]. Образцы листьев сушили в сушильном шкафу при температуре 105°C для определения сухой массы.

Исследование показателей водного режима проводили ежегодно (2021-2024) в период максимального воздействия засухи в трех биологических повторностях ((3 растения×20 листьев)×три раза).

Содержание воды в листьях рассчитывали по формуле (1)

$$LWC = (TW - DW) \times 100 \quad (1), [27]$$

Дефицит водонасыщения рассчитывали по формуле (2)

$$WSD = 100 - RWC \quad (2), [37]$$

Относительное содержание воды рассчитывали по формуле (3)

$$RWC = (FW - DW) \div (TW - DW) \quad (3), [37]$$

Водоудерживающая способность листьев рассчитывали по формуле (4)

$$R = 100 \times (SW - DW) \div FW \quad (4), [36],$$

где TW – масса листьев после насыщения, DW – масса пробы после высушивания, FW – свежая масса пробы, SW – масса пробы после 24, 48 и 72 часов дегидратации.

Для оценки степени повреждения клеточных мембран листьев при дегидратации рассчитывали скорость утечки электролита. Образцы листьев после каждого температурного воздействия помещали в 5 мл дистиллированной воды на 24 ч при комнатной температуре, а затем вакуумировали в течение 30 мин. Электропроводность (EC_1) измеряли с помощью кондуктометра Starter 300c (Ohaus, США). Затем образцы автоклавировали при 120°C в течение 2 часов, охлаждали до комнатной температуры, помещали в темноту на 24 часа (25°C), повторно вакуумировали в течение 30 мин, а затем измеряли утечку ионов (EC_2) [43]. Относительный выход электролита (EL) рассчитывали для каждого образца согласно формуле: $EL(\%) = (\frac{EC_1}{EC_2}) \times 100$ (5) [37].

Данные обрабатывали статистически с применением пакета прикладных программ Microsoft Office Excel 2019 и Past v. 4.03 [29].

Результаты и обсуждения

Содержание воды в листьях (LWC) и величина водного дефицита (WSD) являются важными характеристиками, определяющими функциональное состояние растения и уровень стресса. В наших исследованиях отмечено значительное варьирование содержания воды у различных генотипов маслины европейской. Так, например, у гибрида 35-4/4 этот показатель составил 42,11%, в то время как у гибрида 35-5/15 он достигал 57,47% (Рис. 1).

Как отмечается в исследованиях Агацјо с соавторами [9] содержание воды в листьях оливковых деревьев из засушливой зоны было значи-

тельно ниже, чем в увлажненной, и составило 50,4 и 95,3%, соответственно.

В исследованиях А. Petridis и Е.А. Bacelar с соавторами [12; 40] акцентируется, что оливковые деревья, произрастающие в средиземноморских экосистемах, развили характеристики защиты от потери воды посредством жесткого контроля устьичной транспирации, высокой плотности листовой ткани и толстых слоев кутикулы и трихом и, в связи с этим, достаточно устойчивы к засухе. Однако, как в нашем исследовании, так и в работе Araujo с соавторами [9] показано, что отсутствие осадков в сочетании с высокой температурой вызывает симптомы обезвоживания у оливковых деревьев, что подтверждается более низким содержанием воды в листьях.

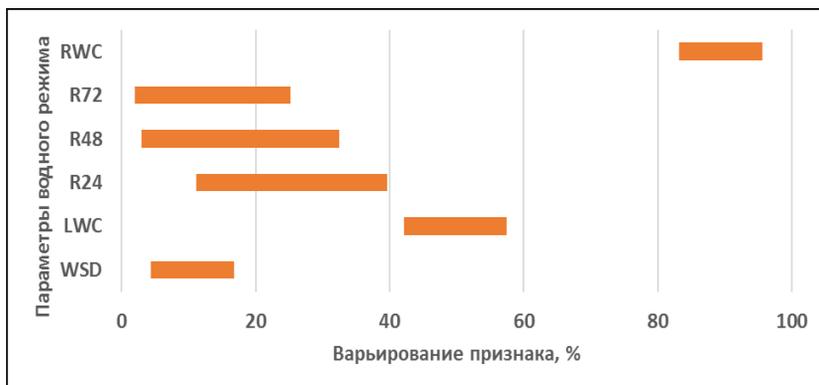


Рис. 1. Варьирование различных коэффициентов – индикаторов засухоустойчивости у изученных генотипов *O. europaea*

Показатель водного дефицита является очень важным при определении водного режима растений и во многих работах является одним из параметров-индикаторов засухоустойчивости растений маслины [10; 16; 34]. Кроме того, он является основополагающим в концепции «дефицитного орошения», что является предметом многих исследований во всех регионах с недостаточным водообеспечением [16; 34]. В наших исследованиях варьирование показателя водного дефицита составляло от 4,4 (у гибрида 35-9/5) до 16,8% (у гибрида 35-4/15). В опыте зарубежных исследователей вместо водного дефицита чаще всего используется обратная величина – относительное содержание воды в листьях (RWC).

В нашей работе эта величина колебалась от 83,2 до 95,6%, что сопоставимо с данными С. Brito с соавторами [15], где указывается, что относительное содержание воды в листьях маслины при воздействии засухи варьировало от 75 до 95%.

Как отмечают F.S. Larsen и R. Gucci с соавторами маслина является засухоустойчивым видом, который может выдерживать экстремально низкие значения водного потенциала и RWC, прежде чем потерять тургор [25; 32]. Осмотический стресс и обезвоживание на клеточном уровне влияют на функциональное состояние растения [35].

В работе М. Ayaz с соавторами показан самый низкий уровень RWC (70%) в условиях обезвоживания и солевого стресса [11]. В наших исследованиях такой уровень не был отмечен ни у одного из образцов.

Анализ данных водоудерживающей способности (R24, R48 и R72) тканей листовых пластинок маслины европейской, проведенный в 2021–2024 гг. в период максимальной нагрузки гидротермического стресса показал, что через 24 часа дегидратации водоудерживающая способность варьировала от 11,14 до 39,63%, через 48 часов – колебалась от 2,97 до 32,53%, а через 72 часа – от 1,94 до 25,14%.

Низкие показатели водоудерживающей способности листа у ряда генотипов указывают на достижение сублетальных величин, в то время как отдельные генотипы показывают высокие значения этого параметра, что говорит о функционировании листового аппарата в пределах витальных норм.

Варьирование потери воды на 24 часах дегидратации (WL24) в среднем составляло от 6,27% (у гибрида 35-8/28) до 40,36% (у гибрида 35-5/12) от первоначального веса.

На этом этапе искусственного обезвоживания отмечены значительные сортовые различия, позволяющие дифференцировать генотипы с низкой водоудерживающей способностью тканей и провести первичную отбраковку засухоустойчивых сортов и гибридов. Наибольшую потерю воды за сутки показали гибридные формы 35-4/15 (38,35% от первоначального веса), 35-5/12 (40,36%), 35-7/15 (38,48%), 35-11/25 (37,88%) (Табл. 2).

Через двое суток обезвоживания гибридные формы потеряли от 13,44 до 45,45% от своего первоначального веса. Гибель клеток, зафиксированная методом утечки электролита, варьировала от 0,15 отн. ед. (у гибридной формы 35-16/13) до 0,97 отн. ед. (у гибрида 35-11/25) (Таблица 2).

Таблица 2.

**Потеря воды (%) и утечка электролита (отн. ед.) у листьев
Olea europaea через 24 и 48 часов дегидратации**

Сорт, форма	WL24	WL48	EL24	EL48	Сорт, форма	WL24	WL48	EL24	EL48
Corregiolo	20,63	34,74	0,21	0,37	35-6/3	12,53	25,07	0,17	0,29
Ascolano	16,37	29,54	0,20	0,28	35-6/25	17,71	28,00	0,25	0,32
35-1/8	18,55	34,63	0,24	0,49	35-6/15	14,23	24,69	0,19	0,24
35-1/16	17,02	30,15	0,19	0,40	35-6/11	14,76	24,70	0,20	0,24
35-1/26	28,65	38,76	0,38	0,54	35-7/31	18,01	29,84	0,26	0,38
35-1/17	35,45	43,86	0,47	0,68	35-7/15	38,48	43,15	0,64	0,76
35-1/32	19,59	36,39	0,23	0,59	35-7/9	17,53	30,86	0,18	0,37
35-1/31	20,73	37,59	0,24	0,52	35-8/42	21,52	34,69	0,26	0,37
35-1-18	32,32	40,19	0,38	0,49	35-8/47	19,74	30,37	0,26	0,31
35-1/3	21,44	36,94	0,29	0,54	35-8/25	11,82	21,14	0,14	0,18
35-2/4	17,73	30,94	0,23	0,34	35-8/26	10,99	19,78	0,15	0,17
35-2/30	12,44	19,56	0,20	0,22	35-8/9	24,47	41,28	0,40	0,60
35-2/14	14,66	22,59	0,18	0,22	35-8/4	22,12	39,13	0,35	0,55
35-2/18	27,35	40,92	0,44	0,64	35-8/28	6,27	13,47	0,14	0,22
35-2/23	26,13	39,72	0,39	0,49	35-9/5	13,22	21,49	0,15	0,17
35-3/7	23,47	38,69	0,39	0,56	35-9/37	18,61	38,22	0,20	0,46
35-3/3	25,19	33,15	0,38	0,43	35-10/36	20,00	28,00	0,20	0,23
35-4/31	15,65	24,87	0,17	0,23	35-10/30	17,41	27,23	0,19	0,28
35-4/26	18,49	27,39	0,25	0,28	35-11/15	23,84	34,00	0,37	0,50
35-4/4	22,78	30,74	0,37	0,45	35-11-24	31,43	42,86	0,43	0,55
35-4/17	21,05	36,84	0,29	0,48	35-11/25	37,88	45,45	0,75	0,97
35-4/11	24,69	38,45	0,39	0,50	35-13/37	35,99	41,89	0,39	0,67
35-4/15	38,35	43,18	0,59	0,70	35-13/38	25,42	36,21	0,36	0,56
35-4/32	28,95	41,58	0,49	0,57	35-13/2	23,57	30,23	0,37	0,41
35-5/1	24,55	38,45	0,44	0,55	35-14/10	32,14	45,41	0,56	0,96
35-5/12	40,36	43,62	0,77	0,89	35-15/23	21,26	34,74	0,27	0,44
35-5/13	22,27	36,40	0,38	0,62	35-15/31	22,90	36,97	0,29	0,47
35-5/18	23,33	37,48	0,38	0,53	35-15/13	17,09	33,45	0,23	0,42
35-5/15	24,33	40,41	0,40	0,51	35-15/36	32,75	39,56	0,43	0,60
35-5/17	20,93	31,14	0,26	0,36	35-16/16	18,40	37,80	0,22	0,48
35-5/31	14,53	21,80	0,17	0,20	35-16/13	6,63	13,44	0,14	0,15

Примечание: WL24, WL48 – потеря воды листьями, а EL24 и EL48 – относительный выход электролита через 24 и 48 часов соответственно.

Потеря воды тканями листа от первоначального веса при 72 часах дегидратации (WL72) варьировала у различных генотипов от 20,81% (гибридная форма 35-16/13) до 46,88% (гибридная форма 35-5/12) (Рис. 2).

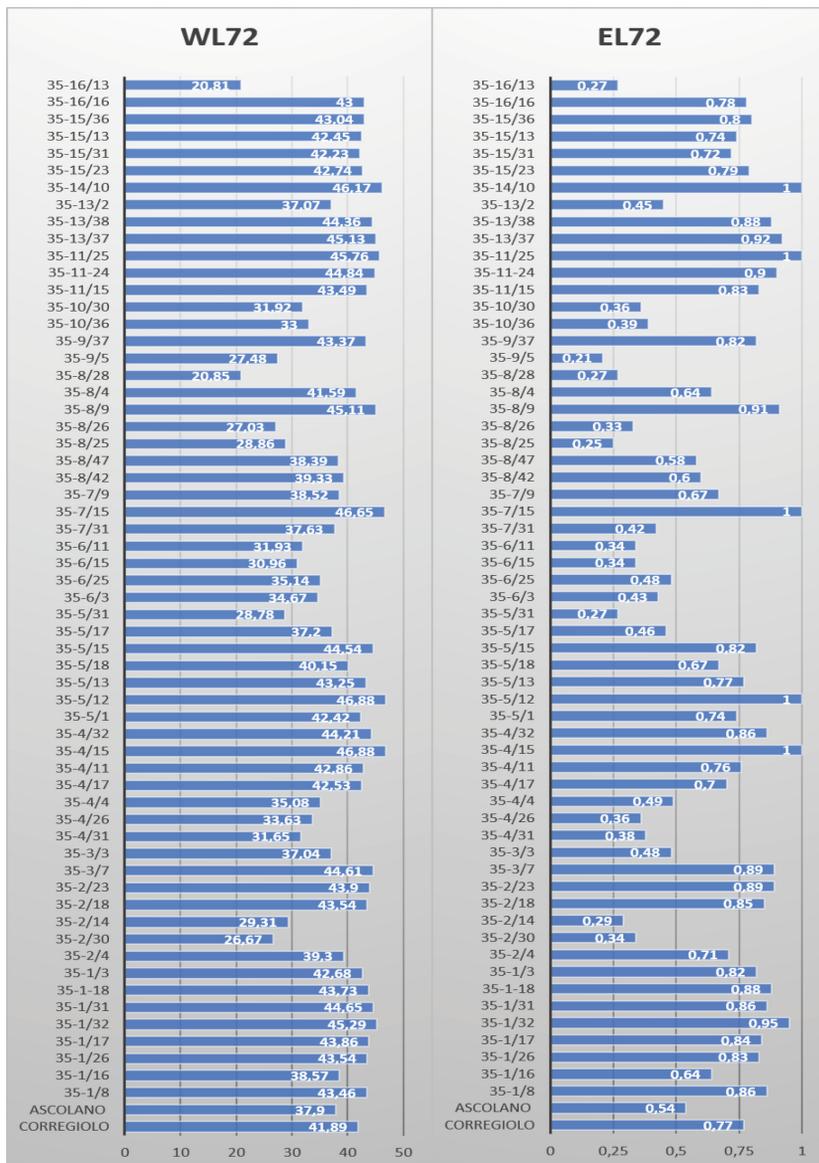


Рис. 2. Потеря воды и относительный выход электролита из клеток листьев *O. europaea* L. при 72 часах дегидратации

У контрольных сортов потеря воды за этот же период времени составила 41,89% (Corregiolo) и 37,90% (Ascolano). Относительный выход электролита, наблюдаемый при повреждении клеточной мембраны и, свидетельствующий о гибели клеток на этом этапе дегидратации тканей, варьировал от 0,21 отн. ед. (гибридная форма 35-9/5) до 1,00 отн. ед. (гибридные формы 35-4/15, 35-5/12, 35-7/12, 35-11/25, 35-14/10). Значительные повреждения клеточной мембраны отмечены и у контрольных сортов, выход электролита при этом составил 0,54 отн. ед. (Ascolano) и 0,77 отн. ед. (Corregiolo). Похожие результаты получены S. Paggi с соавторами [38]. В их исследованиях относительный выход электролита у сортов Giarruffa, Lessino, Maurino в различных вариантах опыта варьировал от 0,15 до 0,85 отн. ед. Моделированием различных стрессовых условий, связанных с засухой и анализом данных, полученных при повреждении клеточной мембраны при дегидратации, занимались также S. Ahmadipour с соавторами в Иране [7], B. Abdallah с соавторами в Тунисе [6], N. Denaxa с соавторами в Греции [18], M. Dias с соавторами в Португалии [20] и др. Исследователи отмечали, что увеличение стресса значительно влияло на повышение выхода ионов из клеточной мембраны, наблюдаемого при повреждении клетки в период засухи. Также были выявлены значительные межсортовые различия по степени засухоустойчивости.

Для анализа всех показателей-индикаторов засухоустойчивости и дифференцирования гибридов по степени засухоустойчивости проведена группировка генотипов с использованием иерархической кластеризации (Рис. 3). На основании кластерного анализа выделено четыре основных группы маслины европейской, отличающиеся по основным показателям засухоустойчивости. В кластер «А» входят генотипы с высокой потерей воды (от 45,76 до 46,88%) и полным выходом электролита из тканей листа при искусственном обезвоживании, что говорит о 100% гибели клеток. В этот кластер входят гибридные формы с низкой засухоустойчивостью.

В кластер «В» – генотипы со средней устойчивостью к засухе. Это самая многочисленная группа, включающая 28 сортов и форм *O. europaea* (в том числе и контрольный сорт Corregiolo). Экстремальные условия эксперимента позволили дифференцировать их среди устойчивых генотипов, что и являлось одной из целей проведенного анализа. У исследованных растений потеря воды тканями листа от первоначального веса через 72 часа дегидратации варьировала от 41,89 до 45,29%, а относительный выход электролита колебался от 0,77 до 0,95 отн. ед.

Хорошую устойчивость к засухе показали генотипы, отнесенные в кластер «С». Данная группа включает 14 гибридов и контрольный сорт Ascolano. Потеря воды у растений варьировала от 34,67 до 41,59%, а выход электролита составлял от 0,43 до 0,64%. Полученные нами результаты подтверждают данные С. Faraloni с соавторами [21], в соответствии с которыми сорт Ascolano был отобран и классифицирован как устойчивый. Аналогичные выводы были получены Н. Liu с соавторами при анализе засухоустойчивости шести сортов маслины (Picul, Ascolano, Frantoio, Chenggu 32, Ezhi и Coratina), культивируемые в провинции Юньнань в Китае [33].

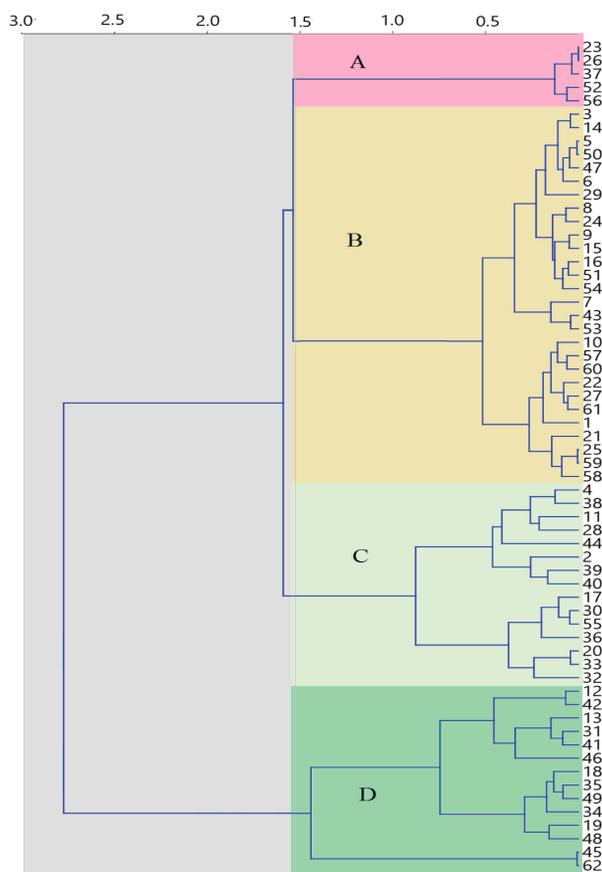


Рис. 3. Кластеризация генотипов *O. europaea* L. по степени засухоустойчивости (порядковый номер образца соответствует номеру в Таблице 1)

Наибольший интерес представляют гибриды, которые сформировали кластер «D», состоящий из 14 наиболее перспективных форм, которые превосходят по засухоустойчивости контрольный сорт Ascolano (генотипы 35-2/30, 35-8/26, 35-2/14, 35-5/31, 35-8/25, 35-9/5, 35-4/31, 35-6/11, 35-10/30, 35-6/15, 35-4/26, 35-10/36, 35-8/28, 35-16/13). Водопотеря у этих генотипов варьировала от 20,81 до 33,63%, а относительный выход электролита – от 0,27 до 0,36 отн. ед., что позволяет сделать вывод о высоком уровне засухоустойчивости этих растений.

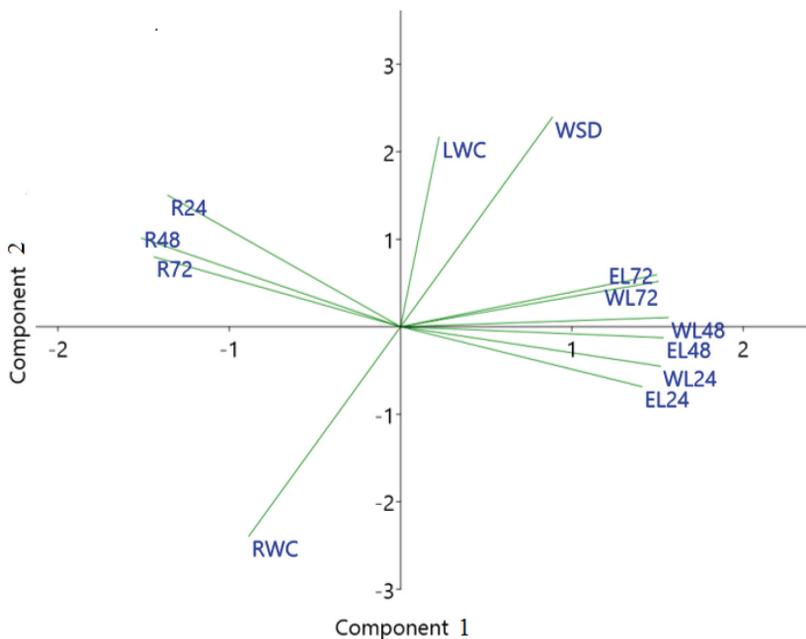


Рис. 4. Биplot анализа главных компонент, демонстрирующий взаимосвязь между различными показателями водного режима *O. europaea*

Для того чтобы понять взаимосвязь, а также сходства и различия между показателями засухоустойчивости у сортов и гибридных форм маслины европейской, был использован анализ основных компонент (PCA). Взаимосвязь между различными критериями водного режима растений маслины: относительного содержания воды в листьях (RWC), водного дефицита (WSD), оводненности листьев (LWC), водоудерживающей способности (R24, R48, R72), водопотерей (WL24, WL48, WL72) при искусственной

дегидратации и относительным выходом электролита при повреждении клеточной мембраны графически представлена на рисунке (Рис. 4).

Как известно косинус угла между векторами двух индексов аппроксимирует коэффициент корреляции между ними. Косинус углов не всегда точно переводится в коэффициенты корреляции, так как диаграмма не объясняет всех изменений в наборе данных. Тем не менее, углы достаточно информативны, чтобы составить целостную картину о взаимосвязях между водопотерей и другими показателями водного режима растения [49]. Как видно из рисунка 5 наиболее информативным индикатором, имеющим отрицательную корреляцию с водопотерей (WL) и относительным выходом электролита (EL) при повреждении клеточной мембраны является водоудерживающая способность (R). Такие показатели-индикаторы засухоустойчивости как содержание воды в листьях (LWC), водный дефицит (WSD) и относительное содержание воды в листьях (RWC) оказались недостаточно информативны для отбора засухоустойчивых сортов и форм маслины.

Выводы

Выделено 14 наиболее перспективных гибридов, которые превосходят по засухоустойчивости контрольный сорт маслины Ascolano, отличающиеся низкой водопотерей (от 20,81 до 33,63%), и относительным выходом электролита от 0,27 до 0,36 отн. ед. при длительной дегидратации, что позволяет сделать вывод о высоком уровне засухоустойчивости этих генотипов.

Наиболее информативными показателями, пригодными для оценки генофонда на засухоустойчивость являются: относительный выход электролита при повреждении клеточной мембраны, водоудерживающая способность и величина потери воды при обезвоживании тканей листа.

Информация о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Информация о спонсорстве. Исследование выполнено за счет средств гранта Российского научного фонда № 24-26-00066 на базе Уникальной научной установки «ФИТОБИОГЕН» и ЦКП «Физиолого-биохимические методы исследования растительных объектов».

Список литературы

1. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Реестр селекционных достижений. URL: <https://gossortrf.ru/>

- registry/gosudarstvennyy-reestr-selektionnykh-dostizheniy-dopushchennykh-k-ispolzovaniyu-tom-2-porody-zhivot/ (дата обращения: 08.08.2024).
2. Корсакова, С. П., & Корсаков, П. Б. (2020). Климатическая характеристика сезонов 2019 г. на Южном берегу Крыма. *Научные записки природного заповедника «Мыс Мартьян»*, (11), 6-22. <https://doi.org/10.36305/2413-3019-2020-11-06-22> EDN: <https://elibrary.ru/ikwwkn>
 3. Лищук, А. И. (1991). Методика определения водоудерживающей способности к обезвоживанию листьев плодовых культур. В: *Физиологические и биофизические методы в селекции плодовых культур: Методические рекомендации* (с. 33-36). Москва.
 4. Постановление Правительства РФ от 13 мая 2022 г. N 872 «О внесении изменений в постановление Правительства Российской Федерации от 25 августа 2017 г. N 996» [Электронный ресурс] // base.garant.ru: официальный сайт. URL: <https://base.garant.ru/404734015/> (дата обращения: 13.08.2024).
 5. Самигулина, Н. С. (2006). *Практикум по селекции и сортоведению плодовых и ягодных культур*: учебное издание. Мичуринск: Издательство Мичуринского государственного аграрного университета. 197 с.
 6. Abdallah, M. B., Trupiano, D., Polzella, A., De Zio, E., Sassi, M., Scaloni, A., Zarrouk, M., Youssef, B., & Scippa, G. S. (2018). Unraveling physiological, biochemical and molecular mechanisms involved in olive (*Olea europaea* L. cv. Chétoui) tolerance to drought and salt stresses. *Journal of Plant Physiology*, 220, 83-95.
 7. Ahmadipour, S., Arji, I., Ebadi, A., & Abdossi, V. (2018). Physiological and biochemical responses of some olive cultivars (*Olea europaea* L.) to water stress. *Cellular and Molecular Biology*, 64(15), 20-29. <https://doi.org/10.14715/cmb/2017.64.15.4>
 8. Ahmed, C. B., Rouina, B. B., & Boukhris, M. (2007). Effects of water deficit on olive trees cv. Chemlali under field conditions in arid region in Tunisia. *Scientia Horticulturae*, 113(3), 267-277. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2007.03.020>
 9. Araujo, M., Prada, J., Mariz-Ponte, N., Santos, C., Pereira, J. A., Pinto, D. C. G. A., Silva, A. M. S., & Dias, M. C. (2021). Antioxidant adjustments of olive trees (*Olea europaea*) under field stress conditions. *Plants*, 10(4), 684. <https://doi.org/10.3390/plants10040684> EDN: <https://elibrary.ru/vgimhc>
 10. Arias, N. S., Scholz, F. G., Goldstein, G., & Bucci, S. J. (2021). Low-temperature acclimation and legacy effects of summer water deficits in olive freezing resistance. *Tree Physiology*, 41(10), 1836-1847. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpab040> EDN: <https://elibrary.ru/rkchei>
 11. Ayaz, M., Varol, N., & Yolcu, S. (2021). Three (Turkish) olive cultivars display contrasting salt stress-coping mechanisms under high salinity. *Trees*, 35, 1283-

1298. <https://doi.org/10.1007/s00468-021-02115-w> EDN: <https://elibrary.ru/knukeu>
12. Bacelar, E. A., Moutinho-Pereira, J. M., Gonçalves, B. C., Ferreira, H. F., & Correia, C. M. (2007). Changes in growth, gas exchange, xylem hydraulic properties and water use efficiency of three olive cultivars under contrasting water availability regimes. *Environmental and Experimental Botany*, (60), 183-192.
 13. Barranco, D., Fernandez-Escobar, R., & Rallo, L. (2010). *Olive Growing*. Mundi-Prensa: Junta de Andalucía, Australian Olive Association Ltd. 756 p.
 14. Bosabalidis, A. M., & Kofidis, G. (2002). Comparative effects of drought stress on leaf anatomy of two olive cultivars. *Plant Science*, 163(2), 375-379. [https://doi.org/10.1016/S0168-9452\(02\)00135-8](https://doi.org/10.1016/S0168-9452(02)00135-8) EDN: <https://elibrary.ru/bbaieu>
 15. Brito, C., Dinis, L.-T., Silva, E., Gonçalves, A., Matos, C., Rodrigues, M. A., Moutinho-Pereira, J., Barros, A., & Correia, C. (2018). Kaolin and salicylic acid foliar application modulate yield, quality and phytochemical composition of olive pulp and oil from rainfed trees. *Scientia Horticulturae*, (237), 176-183.
 16. Carr, M. K. V. (2013). The water relations and irrigation requirements of olive (*Olea europaea* L.): A review. *Experimental Agriculture*, 49(4), 597-639. <https://doi.org/10.1017/S0014479713000276>
 17. Connor, D. J. (2005). Adaptation of olive (*Olea europaea* L.) to water-limited environments. *Australian Journal of Agricultural Research*, 56(11), 1181-1189. <https://doi.org/10.1071/AR05169>
 18. Denaxa, N. K., Damvakaris, T., & Roussos, P. A. (2020). Antioxidant defense system in young olive plants against drought stress and mitigation of adverse effects through external application of alleviating products. *Scientia Horticulturae*, (259), 108812. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108812> EDN: <https://elibrary.ru/kxmzvc>
 19. Deslauriers, A., Caron, L., & Rossi, S. (2015). Carbon allocation during defoliation: testing a defense-growth trade-off in balsam fir. *Frontiers in Plant Science*, 6, 338.
 20. Dias, M. C., Correia, S., Serodio, J., Silva, A. M. S., Freitas, H., & Santos, C. (2018). Chlorophyll fluorescence and oxidative stress endpoints to discriminate olive cultivars tolerance to drought and heat episodes. *Scientia Horticulturae*, 231, 31-35. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.12.007> EDN: <https://elibrary.ru/yexjid>
 21. Faraloni, C., Cutino, I., Petruccioli, R., Leva, A. R., Lazzeri, S., & Torzillo, G. (2011). Chlorophyll fluorescence technique as a rapid tool for in vitro screening of olive cultivars (*Olea europaea* L.) tolerant to drought stress. *Environmental and Experimental Botany*, 73, 49-56. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2010.10.011> EDN: <https://elibrary.ru/pmzbfb>

22. Food and Agriculture Organization of the United Nations (2021). *Global Outlook on Climate Services in Agriculture: Investment Opportunities to Reach the Last Mile*. Rome, Italy: Food & Agriculture Org. ISBN: 978-92-5-135011-9
23. Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAOSTAT [Electronic resource] // Available online: URL: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize> (accessed on 23 December 2023).
24. Gambella, F., Bianchini, L., Cecchini, M., Egidi, G., Ferrara, A., Salvati, L., Colantoni, A., & Morea, D. (2021). Moving toward the north? The spatial shift of olive groves in Italy. *Agricultural Economics*, 67(4), 129-135. <https://doi.org/10.17221/467/2020-AGRICECON> EDN: <https://elibrary.ru/mejiyc>
25. Gucci, R., Lombardini, L., & Tattini, M. (1997). Analysis of leaf water relations in leaves of two olive (*Olea europaea*) cultivars differing in tolerance to salinity. *Tree Physiology*, 17(1), 13-21.
26. Guerfel, M., Baccouri, O., Boujnah, D., Chaïbi, W., & Zarrouk, M. (2009). Impacts of water stress on gas exchange, water relations, chlorophyll content and leaf structure in the two main Tunisian olive (*Olea europaea* L.) cultivars. *Scientia Horticulturae*, 119(3), 257-263. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2008.08.006> EDN: <https://elibrary.ru/yarjez>
27. Gul, N., Haq, Z. U., Ali, H., Munsif, F., Hassan, S. S. U., & Bungau, S. (2022). Melatonin Pretreatment Alleviated Inhibitory Effects of Drought Stress by Enhancing Anti-Oxidant Activities and Accumulation of Higher Proline and Plant Pigments and Improving Maize Productivity. *Agronomy*, 12(10), 2398. <https://doi.org/10.3390/agronomy12102398> EDN: <https://elibrary.ru/padsde>
28. Hammer, G. M., Cooper, M., & Reynolds, M. P. (2021). Plant production in water-limited environments. *Journal of Experimental Botany*, 72(14), 5097-5101. <https://doi.org/10.1093/jxb/erab273> EDN: <https://elibrary.ru/zivrhc>
29. Hammer, Ø., & Harper, D. A. T. (2001). PAST: paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontological Electronica*, 4, 4. URL: http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm
30. Islam, M. S., Hasan, K., Islam, R., Chowdhury, K., Pramanik, M. H., Iqbal, M. A., Rajendran, K., Iqbal, R., Soufan, W., Kamran, M., & Islam, M. S. (2023). Water relations and yield characteristics of mungbean as influenced by foliar application of gibberellic acid (GA3). *Frontiers in Ecology and Evolution*, 11, 1048768. <https://doi.org/10.3389/fevo.2023.1048768> EDN: <https://elibrary.ru/qavfis>
31. Larcher, W. (2003). *Physiological Plant Ecology*. 4th ed. Heidelberg/Berlin, Germany; New York, NY, USA: Springer-Verlag. 164 p.
32. Larsen, F. E., Higgins, S. S., & Al Wir, A. (1989). Diurnal water relations of apple, apricot, grape, olive and peach in an arid environment (Jordan). *Scientia Horticulturae*, 39(3), 211-222.

33. Liu, H., Na, H. E., Li, Y. J., Ning, D. L., Ting, M. A., & Xiao, L. J. (2013). Evaluation on drought stress tolerance of six olive varieties cultivated in Yunnan. *Journal of West China Forestry Science*, 42, 107-110.
34. Martin-Palomo, M. J., Andreu, L., Perez-Lopez, D., Centeno, A., Galindo, A., Moriana, A., & Corell, M. (2022). Trunk growth rate frequencies as water stress indicator in almond trees. *Agricultural Water Management*, 271, 107765. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2022.107765> EDN: <https://elibrary.ru/batbay>
35. Munns, R., & Tester, M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, 59(1), 651-681. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911> EDN: <https://elibrary.ru/mlwiix>
36. Murzabulatova, F. K., & Zhigunov, O. Yu. (2019). Features of water regime of some species of *Deutzia* Thumb. genus in the South-Ural Botanical Garden (Ufa). *Bulletin of the State Nikit Botanical Garden*, (130), 137-140. <https://doi.org/10.25684/NBG.boolt.130.2019.19> EDN: <https://elibrary.ru/igsgfd>
37. Nguyen, T. C., Jo, H., Tran, H. A., Lee, J., Lee, J.-D., Kim, J. H., Seo, H. S., & Song, J. T. (2024). Assessment of drought responses of wild soybean accessions at different growth stages. *Agronomy*, 14(3), 471. <https://doi.org/10.3390/agronomy14030471> EDN: <https://elibrary.ru/teqyzu>
38. Parri, S., Romi, M., Hoshika, Y., Giovannelli, A., Dias, M. C., Piritore, F. C., Cai, G., & Cantini, C. (2023). Morpho-physiological responses of three Italian olive tree (*Olea europaea* L.) cultivars to drought stress. *Horticulturae*, 9(7), 830. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9070830> EDN: <https://elibrary.ru/wbwotr>
39. Parry, K. L., Canziani, O. F., Palutikof, J. P., van der Linden, P. J., & Hanson, C. E. (2007). *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Cambridge, UK: Cambridge University Press. 22 p.
40. Petridis, A., Therios, I., Samouris, G., Koundouras, S., & Giannakoula, A. (2012). Effect of water deficit on leaf phenolic composition, gas exchange, oxidative damage and antioxidant activity of four Greek olive (*Olea europaea* L.) cultivars. *Plant Physiol. Biochem.*, (60), 1-11.
41. Proietti, P., Nasini, L., Del Buono, D., D'Amato, R., Tedeschini, E., & Businelli, D. (2013). Selenium protects olive (*Olea europaea* L.) from drought stress. *Scientia Horticulturae*, 164, 165-171. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.09.034> ISSN 0304-4238
42. Rallo, L., Diez, C. M., Morales-Sillero, A., Miho, H., Priego-Capote, F., & Rallo, P. (2018). Quality of olives: A focus on agricultural preharvest factors. *Sci. Hortic.*, 233, 491-509. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.12.034>
43. Rezaei, M., & Rohani, A. (2023). Estimating Freezing Injury on Olive Trees: A Comparative Study of Computing Models Based on Electrolyte Leakage

- and Tetrazolium Tests. *Agriculture*, 13, 1137. <https://doi.org/10.3390/agriculture13061137> EDN: <https://elibrary.ru/yneacx>
44. Slobodova, N., Sharko, F., Gladysheva-Azgari, M., Petrova, K., Tsiupka, S., Tsiupka, V., Boulygina, E., Rastorguev, S., & Tsygankova, S. (2023). Genetic Diversity of Common Olive (*Olea europaea* L.) Cultivars from Nikita Botanical Gardens Collection Revealed Using RAD-Seq Method. *Genes*, 14(7), 1323. <https://doi.org/10.3390/genes14071323> EDN: <https://elibrary.ru/qejysj>
45. Tanentzap, F. M., Stempel, A., & Ryser, P. (2015). Reliability of leaf relative water content (RWC) measurements after storage: consequences for in situ measurements. *Botany*, 93(9), 535-541. <https://doi.org/10.1139/CJB-2015-0065>
46. The International Olive Council [Электронный ресурс]. URL: <https://www.internationaloliveoil.org/> (дата обращения: 05.08.2024)
47. Torres-Ruiz, J. M., Diaz-Espejo, A., Morales-Sillero, A., Martin-Palomo, M. J., Mayr, S., Beikircher, B., & Fernandez, J. E. (2013). Shoot hydraulic characteristics, plant water status and stomatal response in olive trees under different soil water conditions. *Plant and Soil*, 373, 77-87. <https://doi.org/10.1007/s11104-013-1774-1> EDN: <https://elibrary.ru/vavnxg>
48. Tsiupka, S. (2018). A historical review of olive germplasm evaluation and cultivar development in Crimea. *Acta Hortic.*, 1208, 97-104. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2018.1208.13> EDN: <https://elibrary.ru/valebr>
49. Tsiupka, V., Tsiupka, S., Plugatar, Y., Bulavin, I., & Komar-Tyomnaya, L. (2023). Assessment of the Drought-Tolerance Criteria for Screening Peach Cultivars. *Horticulturae*, 9, 1045. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9091045> EDN: <https://elibrary.ru/imtmbp>

References

1. State Register of Selection Achievements Allowed for Use. Registry of Selection Achievements. URL: <https://gossortrf.ru/registry/gosudarstvennyy-reestr-selektionnykh-dostizheniy-dopushchennykh-k-ispolzovaniyu-tom-2-porody-zhivot/> (accessed August 8, 2024).
2. Korcakova, S.P., & Korsakov, P.B. (2020). Climate Characteristics of Seasons in 2019 on the Southern Coast of Crimea. *Natural Notes of Martyan Cape Nature Reserve*, (11), 6-22. <https://doi.org/10.36305/2413-3019-2020-11-06-22> EDN: <https://elibrary.ru/ikwwkn>
3. Lischuk, A.I. (1991). Method for Determining Water Retention Capacity During Leaf Dehydration in Fruit Crops. In: *Physiological and Biophysical Methods in Fruit Crop Breeding: Guidelines* (pp. 33-36). Moscow.
4. Resolution of the Government of the Russian Federation No. 872 of May 13, 2022 "On Amending Resolution No. 996 of the Government of the Russian Fed-

- eration of August 25, 2017". URL: <https://base.garant.ru/404734015> (accessed August 13, 2024).
5. Samigullina, N.S. (2006). *Practicum on Selection and Sorting of Fruit and Berry Crops*: Textbook Edition. Michurinsk: Publishing House of Michurinsky State Agrarian University. 197 p.
 6. Abdallah, M. B., Trupiano, D., Polzella, A., De Zio, E., Sassi, M., Scaloni, A., Zarrouk, M., Youssef, B., & Scippa, G. S. (2018). Unraveling physiological, biochemical and molecular mechanisms involved in olive (*Olea europaea* L. cv. Chétoui) tolerance to drought and salt stresses. *Journal of Plant Physiology*, 220, 83-95.
 7. Ahmadipour, S., Arji, I., Ebadi, A., & Abdossi, V. (2018). Physiological and biochemical responses of some olive cultivars (*Olea europaea* L.) to water stress. *Cellular and Molecular Biology*, 64(15), 20-29. <https://doi.org/10.14715/cmb/2017.64.15.4>
 8. Ahmed, C. B., Rouina, B. B., & Boukhris, M. (2007). Effects of water deficit on olive trees cv. Chemlali under field conditions in arid region in Tunisia. *Scientia Horticulturae*, 113(3), 267-277. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2007.03.020>
 9. Araujo, M., Prada, J., Mariz-Ponte, N., Santos, C., Pereira, J. A., Pinto, D. C. G. A., Silva, A. M. S., & Dias, M. C. (2021). Antioxidant adjustments of olive trees (*Olea europaea*) under field stress conditions. *Plants*, 10(4), 684. <https://doi.org/10.3390/plants10040684> EDN: <https://elibrary.ru/vgimhc>
 10. Arias, N. S., Scholz, F. G., Goldstein, G., & Bucci, S. J. (2021). Low-temperature acclimation and legacy effects of summer water deficits in olive freezing resistance. *Tree Physiology*, 41(10), 1836-1847. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpab040> EDN: <https://elibrary.ru/rkchei>
 11. Ayaz, M., Varol, N., & Yolcu, S. (2021). Three (Turkish) olive cultivars display contrasting salt stress-coping mechanisms under high salinity. *Trees*, 35, 1283-1298. <https://doi.org/10.1007/s00468-021-02115-w> EDN: <https://elibrary.ru/knukeu>
 12. Bacelar, E. A., Moutinho-Pereira, J. M., Gonçalves, B. C., Ferreira, H. F., & Correia, C. M. (2007). Changes in growth, gas exchange, xylem hydraulic properties and water use efficiency of three olive cultivars under contrasting water availability regimes. *Environmental and Experimental Botany*, (60), 183-192.
 13. Barranco, D., Fernandez-Escobar, R., & Rallo, L. (2010). *Olive Growing*. Mundi-Prensa: Junta de Andalucía, Australian Olive Association Ltd. 756 p.
 14. Bosabalidis, A. M., & Kofidis, G. (2002). Comparative effects of drought stress on leaf anatomy of two olive cultivars. *Plant Science*, 163(2), 375-379. [https://doi.org/10.1016/S0168-9452\(02\)00135-8](https://doi.org/10.1016/S0168-9452(02)00135-8) EDN: <https://elibrary.ru/bbaieu>

15. Brito, C., Dinis, L.-T., Silva, E., Gonçalves, A., Matos, C., Rodrigues, M. A., Moutinho-Pereira, J., Barros, A., & Correia, C. (2018). Kaolin and salicylic acid foliar application modulate yield, quality and phytochemical composition of olive pulp and oil from rainfed trees. *Scientia Horticulturae*, (237), 176-183.
16. Carr, M. K. V. (2013). The water relations and irrigation requirements of olive (*Olea europaea* L.): A review. *Experimental Agriculture*, 49(4), 597-639. <https://doi.org/10.1017/S0014479713000276>
17. Connor, D. J. (2005). Adaptation of olive (*Olea europaea* L.) to water-limited environments. *Australian Journal of Agricultural Research*, 56(11), 1181-1189. <https://doi.org/10.1071/AR05169>
18. Denaxa, N. K., Damvakaris, T., & Roussos, P. A. (2020). Antioxidant defense system in young olive plants against drought stress and mitigation of adverse effects through external application of alleviating products. *Scientia Horticulturae*, (259), 108812. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108812> EDN: <https://elibrary.ru/kxmzvc>
19. Deslauriers, A., Caron, L., & Rossi, S. (2015). Carbon allocation during defoliation: testing a defense-growth trade-off in balsam fir. *Frontiers in Plant Science*, 6, 338.
20. Dias, M. C., Correia, S., Serodio, J., Silva, A. M. S., Freitas, H., & Santos, C. (2018). Chlorophyll fluorescence and oxidative stress endpoints to discriminate olive cultivars tolerance to drought and heat episodes. *Scientia Horticulturae*, 231, 31-35. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.12.007> EDN: <https://elibrary.ru/yexjid>
21. Faraloni, C., Cutino, I., Petruccelli, R., Leva, A. R., Lazzeri, S., & Torzillo, G. (2011). Chlorophyll fluorescence technique as a rapid tool for in vitro screening of olive cultivars (*Olea europaea* L.) tolerant to drought stress. *Environmental and Experimental Botany*, 73, 49-56. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2010.10.011> EDN: <https://elibrary.ru/pmzbfb>
22. Food and Agriculture Organization of the United Nations (2021). *Global Outlook on Climate Services in Agriculture: Investment Opportunities to Reach the Last Mile*. Rome, Italy: Food & Agriculture Org. ISBN: 978-92-5-135011-9
23. Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAOSTAT [Electronic resource] // Available online: URL: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize> (accessed on 23 December 2023).
24. Gambella, F., Bianchini, L., Cecchini, M., Egidi, G., Ferrara, A., Salvati, L., Colantoni, A., & Morea, D. (2021). Moving toward the north? The spatial shift of olive groves in Italy. *Agricultural Economics*, 67(4), 129-135. <https://doi.org/10.17221/467/2020-AGRICECON> EDN: <https://elibrary.ru/mejiyc>

25. Gucci, R., Lombardini, L., & Tattini, M. (1997). Analysis of leaf water relations in leaves of two olive (*Olea europaea*) cultivars differing in tolerance to salinity. *Tree Physiology*, 17(1), 13-21.
26. Guerfel, M., Baccouri, O., Boujnah, D., Chaïbi, W., & Zarrouk, M. (2009). Impacts of water stress on gas exchange, water relations, chlorophyll content and leaf structure in the two main Tunisian olive (*Olea europaea* L.) cultivars. *Scientia Horticulturae*, 119(3), 257-263. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2008.08.006> EDN: <https://elibrary.ru/yarjez>
27. Gul, N., Haq, Z. U., Ali, H., Munsif, F., Hassan, S. S. U., & Bungau, S. (2022). Melatonin Pretreatment Alleviated Inhibitory Effects of Drought Stress by Enhancing Anti-Oxidant Activities and Accumulation of Higher Proline and Plant Pigments and Improving Maize Productivity. *Agronomy*, 12(10), 2398. <https://doi.org/10.3390/agronomy12102398> EDN: <https://elibrary.ru/padsde>
28. Hammer, G. M., Cooper, M., & Reynolds, M. P. (2021). Plant production in water-limited environments. *Journal of Experimental Botany*, 72(14), 5097-5101. <https://doi.org/10.1093/jxb/erab273> EDN: <https://elibrary.ru/zivrhc>
29. Hammer, Ø., & Harper, D. A. T. (2001). PAST: paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontological Electronica*, 4, 4. URL: http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm
30. Islam, M. S., Hasan, K., Islam, R., Chowdhury, K., Pramanik, M. H., Iqbal, M. A., Rajendran, K., Iqbal, R., Soufan, W., Kamran, M., & Islam, M. S. (2023). Water relations and yield characteristics of mungbean as influenced by foliar application of gibberellic acid (GA3). *Frontiers in Ecology and Evolution*, 11, 1048768. <https://doi.org/10.3389/fevo.2023.1048768> EDN: <https://elibrary.ru/qavfis>
31. Larcher, W. (2003). *Physiological Plant Ecology*. 4th ed. Heidelberg/Berlin, Germany; New York, NY, USA: Springer-Verlag. 164 p.
32. Larsen, F. E., Higgins, S. S., & Al Wir, A. (1989). Diurnal water relations of apple, apricot, grape, olive and peach in an arid environment (Jordan). *Scientia Horticulturae*, 39(3), 211-222.
33. Liu, H., Na, H. E., Li, Y. J., Ning, D. L., Ting, M. A., & Xiao, L. J. (2013). Evaluation on drought stress tolerance of six olive varieties cultivated in Yunnan. *Journal of West China Forestry Science*, 42, 107-110.
34. Martin-Palomo, M. J., Andreu, L., Perez-Lopez, D., Centeno, A., Galindo, A., Moriana, A., & Corell, M. (2022). Trunk growth rate frequencies as water stress indicator in almond trees. *Agricultural Water Management*, 271, 107765. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2022.107765> EDN: <https://elibrary.ru/batbay>
35. Munns, R., & Tester, M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, 59(1), 651-681. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911> EDN: <https://elibrary.ru/mlwiix>

36. Murzabulatova, F. K., & Zhigunov, O. Yu. (2019). Features of water regime of some species of *Deutzia* Thumb. genus in the South-Ural Botanical Garden (Ufa). *Bulletin of the State Nikit Botanical Garden*, (130), 137-140. <https://doi.org/10.25684/NBG.boolt.130.2019.19> EDN: <https://elibrary.ru/igsgfd>
37. Nguyen, T. C., Jo, H., Tran, H. A., Lee, J., Lee, J.-D., Kim, J. H., Seo, H. S., & Song, J. T. (2024). Assessment of drought responses of wild soybean accessions at different growth stages. *Agronomy*, 14(3), 471. <https://doi.org/10.3390/agronomy14030471> EDN: <https://elibrary.ru/teqyzu>
38. Parri, S., Romi, M., Hoshika, Y., Giovannelli, A., Dias, M. C., Piritore, F. C., Cai, G., & Cantini, C. (2023). Morpho-physiological responses of three Italian olive tree (*Olea europaea* L.) cultivars to drought stress. *Horticulturae*, 9(7), 830. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9070830> EDN: <https://elibrary.ru/wbwotr>
39. Parry, K. L., Canziani, O. F., Palutikof, J. P., van der Linden, P. J., & Hanson, C. E. (2007). *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Cambridge, UK: Cambridge University Press. 22 p.
40. Petridis, A., Therios, I., Samouris, G., Koundouras, S., & Giannakoula, A. (2012). Effect of water deficit on leaf phenolic composition, gas exchange, oxidative damage and antioxidant activity of four Greek olive (*Olea europaea* L.) cultivars. *Plant Physiol. Biochem.*, (60), 1-11.
41. Proietti, P., Nasini, L., Del Buono, D., D'Amato, R., Tedeschini, E., & Businelli, D. (2013). Selenium protects olive (*Olea europaea* L.) from drought stress. *Scientia Horticulturae*, 164, 165-171. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.09.034> ISSN 0304-4238
42. Rallo, L., Diez, C. M., Morales-Sillero, A., Miho, H., Priego-Capote, F., & Rallo, P. (2018). Quality of olives: A focus on agricultural preharvest factors. *Sci. Hortic.*, 233, 491-509. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.12.034>
43. Rezaei, M., & Rohani, A. (2023). Estimating Freezing Injury on Olive Trees: A Comparative Study of Computing Models Based on Electrolyte Leakage and Tetrazolium Tests. *Agriculture*, 13, 1137. <https://doi.org/10.3390/agriculture13061137> EDN: <https://elibrary.ru/yneacx>
44. Slobodova, N., Sharko, F., Gladysheva-Azgari, M., Petrova, K., Tsiupka, S., Tsiupka, V., Boulygina, E., Rastorguev, S., & Tsygankova, S. (2023). Genetic Diversity of Common Olive (*Olea europaea* L.) Cultivars from Nikita Botanical Gardens Collection Revealed Using RAD-Seq Method. *Genes*, 14(7), 1323. <https://doi.org/10.3390/genes14071323> EDN: <https://elibrary.ru/qejysj>
45. Tanentzap, F. M., Stempel, A., & Ryser, P. (2015). Reliability of leaf relative water content (RWC) measurements after storage: consequences for in situ

- measurements. *Botany*, 93(9), 535-541. <https://doi.org/10.1139/CJB-2015-0065>
46. The International Olive Council [Электронный ресурс]. URL: <https://www.internationaloliveoil.org/> (дата обращения: 05.08.2024)
47. Torres-Ruiz, J. M., Diaz-Espejo, A., Morales-Sillero, A., Martin-Palomo, M. J., Mayr, S., Beikircher, B., & Fernandez, J. E. (2013). Shoot hydraulic characteristics, plant water status and stomatal response in olive trees under different soil water conditions. *Plant and Soil*, 373, 77-87. <https://doi.org/10.1007/s11104-013-1774-1> EDN: <https://elibrary.ru/vavnxg>
48. Tsiupka, S. (2018). A historical review of olive germplasm evaluation and cultivar development in Crimea. *Acta Hortic.*, 1208, 97-104. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2018.1208.13> EDN: <https://elibrary.ru/valebr>
49. Tsiupka, V., Tsiupka, S., Plugatar, Y., Bulavin, I., & Komar-Tyomnaya, L. (2023). Assessment of the Drought-Tolerance Criteria for Screening Peach Cultivars. *Horticulturae*, 9, 1045. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9091045> EDN: <https://elibrary.ru/imtmbp>

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Цюпка Сергей Юрьевич, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник
ФГБУН «Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН»
ул. Никитский спуск, 52, г. Ялта, 298648, Российская Федерация
tsupkanbg@mail.ru

Плугатарь Юрий Владимирович, чл.-корр. РАН, директор ФГБУН «НБС-ННЦ»
ФГБУН «Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН»
ул. Никитский спуск, 52, г. Ялта, 298648, Российская Федерация
priemnaya-nbs-nnc@ya.ru

Цюпка Валентина Анатольевна, кандидат биологических наук, заведующая лабораторией геномики растений и биоинформатики, старший научный сотрудник
ФГБУН «Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН»
ул. Никитский спуск, 52, г. Ялта, 298648, Российская Федерация
valentina.brailko@yandex.ru

Булавин Илья Владимирович, кандидат биологических наук, заведующий лабораторией клеточной биологии и анатомии, старший научный сотрудник

ФГБУН «Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН»

ул. Никитский спуск, 52, г. Ялта, 298648, Российская Федерация
cellbiolnbs@yandex.ru

DATA ABOUT THE AUTHORS

Sergei Yu. Tsiupka, PhD, Senior Researcher

Nikitsky Botanical Garden-National Scientific Center
52, Nikitsky descent, Yalta, 298648, Russian Federation
tsupkanbg@mail.ru

Yuri V. Plugatar, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Director

Nikitsky Botanical Garden-National Scientific Center
52, Nikitsky descent, Yalta, 298648, Russian Federation
priemnaya-nbs-nnc@ya.ru

Valentina A. Tsiupka, PhD, Head of the Laboratory of Plant Genomics and Bioinformatics, Senior Researcher

Nikitsky Botanical Garden-National Scientific Center
52, Nikitsky descent, Yalta, 298648, Russian Federation
valentina.brailko@yandex.ru

Pliya V. Bulavin, PhD, Head of the Laboratory of Plant Cell Biology and Anatomy, Senior Researcher

Nikitsky Botanical Garden-National Scientific Center
52, Nikitsky descent, Yalta, 298648, Russian Federation
cellbiolnbs@yandex.ru

Поступила 05.09.2024

После рецензирования 12.10.2024

Принята 07.11.2024

Received 05.09.2024

Revised 12.10.2024

Accepted 07.11.2024