

ФИЗИОЛОГИЯ И БИОХИМИЯ РАСТЕНИЙ

УДК: 582.931:632.937.31

DOI: 10.25684/2712-7788-2023-4-169-39-48

**О РЕАЛИЗАЦИИ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ МОРОЗОСТОЙКОСТИ
ВЕЧНОЗЕЛЕННЫХ ВИДОВ СЕМЕЙСТВА OLEACEAE В УСЛОВИЯХ ЮЖНОГО
БЕРЕГА КРЫМА****Татьяна Борисовна Губанова, Светлана Павловна Корсакова,
Анфиса Евгеньевна Палий**Никитский ботанический сад – Национальный научный центр,
298648, Республика Крым, г. Ялта, пгт Никита, спуск Никитский, 52
E-mail: gubanova-65@list.ru

Представлены результаты исследования влияния высокой и низкой влажности воздуха на морозостойкость вечнозеленых видов семейства Oleaceae Lindl. (*Olea europaea* L., *O. europaea* subsp. *Cuspidata* Wall. and G. Don, *Ligustrum lucidum* L., *Osmanthus x fortunei* Carriere и *O. fragrans* Lour.) на Южном берегу Крыма. Установлено, что температура воздуха -6°C , вероятность наступления которой на ЮБК 69% в сочетании с низкой влажностью воздуха оказывает более интенсивное воздействие на фотосинтетический аппарат вечнозеленых видов семейства Oleaceae, чем при высокой влажности. Высокая чувствительность к имитации условий зимнего иссушения была характерна для генотипов рода *Olea*, а для *Osmanthus x fortunei* – наоборот, к сочетанию отрицательной температуры и высокой влажности воздуха. Дана характеристика состояния фотосинтетического аппарата у вечнозеленых видов семейства Oleaceae при адвекции холодных масс и снижении температуры воздуха до $-5,1^{\circ}\text{C}$ в декабре 2021 г. Установлено, что реализация потенциальной морозостойкости у видов семейства Oleaceae в большей степени зависит не от продолжительности действия отрицательных температур, а погодных условий, предшествующих наступлению морозов, скорости ветра и влажность воздуха в момент наступления морозов.

Ключевые слова: Вечнозеленые виды сем. Oleaceae; морозостойкость; зимостойкость; фотосинтез; интродукция

Введение

Вечнозеленые лиственные древесные виды имеют большое значение для озеленения населенных пунктов, рекреационных и парковых зон. Определенные трудности в расширении их видового разнообразия и широкого использования на Южном берегу Крыма (ЮБК) связаны с климатическими особенностями. Анализ данных многолетних наблюдений показывает, что в этом регионе в 56% зим самым холодным месяцем является февраль, в остальных случаях – январь (Агроклиматичний довідник..., 2011). Абсолютный годовой минимум температуры воздуха в 44% лет наблюдается в феврале, в 34% – январе, в 10% – марте, в 8% – декабре и в 4% – ноябре.

Исследования реакции растений на воздействие абиотических стрессоров в годы, когда климатические факторы достигают критических значений, позволяют получить ценную информацию о реализации потенциальной морозостойкости в погодных условиях конкретного холодного периода, а также выявить зимостойкие виды. В арборетуме Никитского ботанического сада ранее проводилась оценка состояния коллекций в годы с особо суровыми зимами (Важов, Антюфеев, и др., 1988; Максимов, Галушко, и др., 1995). В условиях меняющегося климата, вследствие сокращения осенью на 26% длительности переходного периода температур воздуха от $+10^{\circ}\text{C}$ до $+5^{\circ}\text{C}$ (Корсакова, Корсаков, 2018), на ЮБК сложились неблагоприятные условия для успешного прохождения закаливания и формирования зимостойкости. В связи с этим, представляет интерес проведение исследований реакции лиственных

вечнозеленых растений с известной степенью потенциальной морозостойкости на наступление морозной погоды, с учетом возможных экстремальных значений гидрометеорологических параметров и продолжительности их действия. Процессы фотосинтеза достаточно чувствительны к влиянию температуры, и, соответственно, их параметры являются хорошим индикатором глубины стрессового состояния у растений (Нестеренко, Тихомиров, 2007; Dolferus R., 2014). Касательно лиственных вечнозеленых видов, актуальность исследований фотосинтеза в зимнее время, обусловлена еще и влиянием противоположно направленных факторов: ингибирующего действия отрицательных температур и стимулирующего – высоким уровнем инсоляции (Adams, Demmig-Adams, et al., 2001; Трунова, 2007; Dolferus, 2014; Hossain, Noque, 2014; Li, Borkman, et al., 2014). Поэтому, цель нашей работы заключалась в сравнительной оценке фотосинтетического аппарата у некоторых видов семейства Oleaceae на действие различных сочетаний отрицательной температуры и влажности воздуха в контролируемых условиях и адвективного выхолаживания в природе.

Объекты и методы исследования

В качестве объектов исследований были выбраны вечнозеленые виды семейства Oleaceae Lindl., относящиеся к родам: *Olea europaea* L. (сорта 'Никитская', 'Асколяно', 'Кореджиоло' и подвид маслины европейской *O. europaea* subsp. *cuspidata* Wall. and G. Don) Cif.), *Ligustrum* L. (*L. lucidum* W. T. Aiton) и *Osmanthus* Lour. (*Osmanthus* x *fortunei* Carriere, *O. fragrans* Lour). Изменение параметров ИФХ осуществляли с помощью хронофлуориметра «Floratest». Анализировали параметры: F_0 – базовая флуоресценция; F_m – максимальная флуоресценция; F_{pl} – флуоресценция в момент ее временного замедления; F_{st} – стационарный уровень флуоресценции. На их основе рассчитывали переменную флуоресценцию (F_v), $(F_{pl}-F_0)/F_v$ – количество невозстановленных Q_a в реакционных центрах ФС II; F_v/F_0 – соотношение констант скоростей реакции фотохимической и нефотохимической дезактивации возбуждения в ФС II, а также коэффициент спада флуоресценции (индекс жизнеспособности) – F_m/F_{st} , F_v/F_m – эффективность световой фазы фотосинтеза и $(F_m-F_{st})/F_m$ – относительную фотосинтетическую активность (Бородин, Будаговский, и др., 2007; Romanov, Galelyuka et al., 2010; Stirbet A., Govindjee, 2011).

Опыты по искусственному промораживанию однолетних побегов проводили в климатической камере Binder MKF 115, с предварительным закаливанием при 0°C в течение 6 часов. Скорость изменения температуры в камере составила 2°C в час (Лищук, 2008). Эксперименты проводили в двух вариантах: 1 – действие температуры – 6°C в течение 6 часов, при относительной влажности воздуха 60%, 2 – действие температуры -6°C в течение 6 часов, при относительной влажности воздуха 30%.

Контролем служили облиственные побеги, выдержанные при температуре $+18^\circ\text{C}$... $+10^\circ\text{C}$ в течение 12 часов. Во время первого понижения температуры воздуха на ЮБК (23.12.2021) до отрицательных значений также осуществлялся контроль состояния фотосинтетического аппарата исследуемых видов. Эквивалентно-эффективные температуры рассчитывали в соответствии с формулой А. Миссенарда с учетом адвективного и радиационного выхолаживания (Врублевская, Катеруша, 2005).

Повторность опытов 3-х кратная. Цифровой материал обработан с использованием MS Excel 2007. Достоверность различий между вариантами оценивали по t-критерию Стьюдента при 5% уровне значимости. В таблицах и на графиках представлены средние значения определений и их стандартные ошибки.

Продолжение таблицы 1

Восстановлени e/ recovery	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>O. europaea</i> 'Кореджиоло'									
Контроль/ control	288±14	1488±39	368±16	1200	3.26	0.81	4.19	0.32	0.75
t -6°C Rh-60%	304±18	1024±37	288±11	720	2.5	0.70	2.5	0.46	0.72
Восстановлени e/ recovery	272±12	1104±29	304±13	834	2,74	0.76	3.07	0.29	0.72
Контроль/ control	304±15	1360±42	368±14	1056	2.87	0.78	3.47	0.30	0.73
t -6°C Rh- 30%	336±15	896±24	304±16	560	1.84	0.62	1.67	0.43	0.66
Восстановлени e/ recovery	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>O. europaea</i> 'Никитская'									
Контроль/ control	384±15	1664±48	476±22	1280	2.69	0.77	3.33	0.22	0.93
t -6°C Rh-60%	304±18	1056±29	320±21	752	2.35	0.71	1.96	0.36	0.69
восстановлени е	352±21	1552±37	384±21	1200	3.12	0.77	3.41	0.39	0.75
Контроль/ control	384±18	1264±36	416±25	880	2.11	0.69	2.29	0.38	0.67
t -6°C Rh- 30%	304±17	720±19	256±13	416	1.63	0.58	1.36	0.52	0.64
восстановлени е	288±12	880±21	304±16	592	1.95	0.67	2.05	0.27	0.65
<i>L. lucidum</i>									
Контроль/ control	288±14	1584±42	320±15	1296	4.05	0.81	4.5	0.29	0.78
t -6°C Rh-60%	256±13	1024±34	352±13	768	2.4	0.75	3.0	0.25	0.65
Восстановлени e/ recovery	256±13	1440±37	288±10	1184	4.11	0.82	4.62	0.30	0.8
Контроль/ control	496±21	1664±49	384±16	1168	3.04	0.70	2.35	0.34	0.77
t -6°C Rh- 30%	224±11	800±26	240±12	448	1.87	0.56	2.0	0.37	0.7
Восстановлени e/ recovery	352±16	1392±37	320±18	1040	3.25	0.74	2.95	0,43	0.77
<i>O. fragrans</i>									
Контроль/ control	416±18	1824±49	448±22	1408	3.14	0.77	3.38	0.47	0.75
t -6°C Rh-60%	672±34	1344±44	592±25	672	1.14	0.56	1.0	0.45	0.56
Восстановлени e/ recovery	304±24	1392±39	432±27	1088	2.52	0.78	3.58	0.51	0.69
Контроль/ control	368±19	1440±47	401±22	1072	2.67	0.74	3.94	0.43	0.72
t -6°C Rh- 30%	272±8	648±28	280±12	376	1.34	0.58	1.38	0.45	0.56
Восстановлени e/ recovery	336±16	896±32	336±18	560	1.67	0.62	1.67	0.43	0.62
<i>Osmanthus x fortunei</i>									
Контроль/ control	464±14	1824±56	416±23	1360	3,27	0,74	2,93	0,34	0,77
t -6°C Rh-60%	304±21	1344±45	256±18	1040	4,06	0,77	3,42	0,23	0,81
Восстановлени e/ recovery	297±15	954±42	306±23	657	2,15	0,69	2,21	0,41	0,68
Контроль/ control	304±22	1200±41	336±26	896	2,67	0,75	2,95	0,41	0,72
t -6°C Rh- 30%	256±19	752±37	304±25	496	1,63	0,66	1,94	0,42	0,59
Восстановлени e/ recovery	208±10	976±34	32±6	768	2,34	0,7	3,69	0,45	0,66

Наиболее чувствительными к имитации условий зимнего иссушения оказались генотипы рода *Olea europaea*. Так, при действии температуры -6°C, в течение 6 часов, и

относительной влажности воздуха 30% наблюдалась необратимая инактивация ФС II у сортов 'Асколяно', 'Кореджиоло' и подвида *O. europaea* subsp. *cuspidata*. У морозостойкого сорта *O. europaea* 'Никитская' сочетание отрицательной температуры и низкой влажности воздуха привело к значительным изменениям практически всех параметров ИФХ. В частности, отмечено существенное снижение максимальной и вариабельной флуоресценции, что свидетельствует о нарушениях в протекании фотохимических окислительно-восстановительных процессов. Также наблюдалось снижение индекса витальности до критических значений. После окончания стрессового воздействия соотношение F_v/F_{st} у этого сорта восстановилось до контрольного значения.

Однако, относительно низкие значения вариабельной, максимальной и стационарной флуоресценции свидетельствовали о сохранении стрессового состояния. У видов родов *Ligustrum* и *Osmanthus* действие отрицательной температуры в сочетании с высокой и низкой влажностью воздуха вызвало разноплановые изменения в состоянии фотосинтетического аппарата. Более высокая чувствительность к обоим вариантам эксперимента была характерна для *O. fragrans* с относительно низкой морозостойкостью. Действие отрицательной температуры и высокой влажности воздуха вызвало возрастание количества хлорофиллов, не имеющих функциональной связи с реакционными центрами, у *O. fragrans* на 61%. В тоже время у нотовида *O. x fortune*, в аналогичных условиях, отмечено снижение этого параметра на 35%, что вероятно, связано с уменьшением «пула» хлорофиллов, обеспечивающих стабильность фотосинтетических процессов в стрессовых условиях. В целом, по характеру изменений основных параметров ИФХ и формы кривых, можно сделать вывод о более высокой чувствительности фотосинтетического аппарата *O. x fortune* к действию отрицательной температуры и высокой влажности воздуха.

Холодный период 2021-2022 г. отличался нетипичными погодными условиями. Его первая половина характеризовалась повышенным температурным фоном. Среднесуточные температуры ноября и первой декады декабря превышали климатическую норму на 2-3,5°C. В начале третьей декады декабря (23.12.2021), в результате прохождения холодного фронта температура воздуха на ЮБК опустилась до отрицательных значений. Минимальная температура -5,1°C удерживалась всего лишь 50 мин. Тем не менее, анализ состояния фотосинтетического аппарата у вечнозеленых видов семейства Oleaceae показал наличие существенных нарушений (табл. 2).

У генотипов рода *Olea* с невысокой степенью морозостойкости – Асколяно и *O. europaea* subsp. *cuspidata*, вследствие понижения температур, отмечены значительные изменения параметров быстрой фазы ИФХ. Исключение составил сорт Кореджиоло, у которого наступление морозной погоды привело к критическим снижениям параметров, как быстрой, так и медленной фазы ИФХ. О развитии глубокого стрессового состояния у данного сорта свидетельствуют низкие значения соотношений F_v/F_{st} и F_v/F_0 . Однако, спустя 24 часа после снятия стресса было отмечено восстановление нормальной активности ФС II у сорта Кореджиоло. У сорта Никитская большая часть изменений в протекании фотосинтетических процессов в условиях прохождения холодного фронта были незначительны. Исключение составило количество невосстановленных Q_a в реакционных центрах ФС II, которое возросло на 48% после снятия стрессового воздействия. У морозостойкого вида *L. lucidum* при прохождении холодного фронта 23.12.2021 отмечались высокие значения F_0 , коррелирующие с увеличением потерь энергии возбуждения во время ее миграции по пигментной матрице и низкие – соотношения F_v/F_0 , определяющие эффективность работы кислород-выделяющего комплекса.

Таблица 2

Изменения параметров ИФХ у видов семейства Oleaceae при наступлении морозной погоды (23.12.2021)

Table 2

Changes in CFI parameters in the Oleaceae species at the onset of frosty weather (December 23, 2021)

Параметры ИФХ/ Options CFI	F ₀	F _m	F _{st}	F _v	F _v /F _s t	F _v /F _m	F _v /F ₀	(F _{pl} - F ₀)/F _v	(F _m -F _{st}) / F _m
Варианты опыта/ Experience Options <i>Olea europaea</i> сорт 'Асколяно'									
23.12.2021	368±23	1408±42	400±19	1040	2.6	0.74	2.83	0.29	0.72
Восстановление/ recovery	368±25	1616±49	400±27	1248	3.12	0.77	3.39	0.33	0.75
<i>O. europaea</i> subsp. <i>cuspidata</i>									
23.12.2021	240±18	608±32	224±15	368	1.64	0.60	1.53	0.22	0.63
Восстановление/ recovery	160±11	496±29	208±17	336	1.6	0.68	2.1	0.29	0.58
<i>O. europaea</i> сорт 'Кореджиоло'									
23.12.2021	256±18	560±31	288±19	304	1.05	0.54	1.19	0.31	0,49
Восстановление/ recovery	272±21	1376±43	416±28	1104	2.65	0.80	4.05	0.33	0,69
<i>O. europaea</i> сорт 'Никитская'									
23.12.2021	368±23	1408±40	400±22	1040	2.6	0.73	2.83	0.29	0,72
Восстановление/ recovery	369±29	1616±44	400±20	1247	3.12	0.77	3.38	0.43	0,75
<i>L. lucidum</i>									
23.12.2021	256±19	736±38	224±13	480	2.14	0.65	1.87	0.23	0,69
Восстановление/ recovery	240±25	800±41	114±11	560	4.91	0.7	2.33	0.54	0,85
<i>O. fragrans</i>									
23.12.2021	400±21	1520±51	480±22	1120	2.33	0.74	2.8	0.19	0,68
Восстановление/ recovery	176±10	448±23	176±13	272	1.54	0.61	1.54	0.29	0,61
<i>Osmanthus x fortunei</i>									
23.12.2021	256±16	928±33	320±19	672	2.1	0.72	2.62	0.43	0,65
Восстановление/ recovery	305±24	1296±38	264±14	991	2.59	0.76	3.24	0.37	0,78

После снятия стрессового воздействия у данного вида произошло аномальное снижение уровня базовой флуоресценции, что, вероятно, связано с истощением пула хлорофиллов, обеспечивающих стабильную работу ФС II и возрастанием отношения F_v/F_{st} в 2,3 раза, что превышает границы витальности. Выявленные изменения свидетельствуют о необратимой инактивации ФС II у *L. lucidum*. Касательно таксонов рода *Osmanthus* (*O. x fortunei* и *O. fragrans*) с различной степенью морозостойкости, было установлено следующее: у относительно морозостойкого нотовида *O. x fortunei* в сложившихся погодных условиях отмечались невысокие значения максимальной, вариабельной флуоресценции и относительной фотосинтетической активности. После окончания стрессового воздействия наблюдалось увеличение практически всех основных параметров ИФХ, за исключением небольшого снижения стационарной флуоресценции и (F_{pl}-F₀)/F_v, что связано с уменьшением количества хлорофиллов, не

принимающих участие в передаче энергии на реакционные центры и количества невозстановленных Q_a в них. Полученные данные свидетельствуют о быстром восстановлении нормальной работы ФС II у *O. x fortunei*.

Заключение

Сравнительный анализ результатов экспериментов в контролируемых условиях и оценки функционального состояния фотосинтетического аппарата в сложившихся погодных условиях декабря 2021 г. у изучаемых видов сем. Oleaceae показал, что изменения в работе ФС II в условиях ЮБК, несмотря на кратковременность понижения температуры во второй половине декабря, были значительны. Их характер был близок к картине, полученной при комплексном влиянии отрицательной температуры и низкой влажности воздуха. Выявленное противоречие может быть разрешено с помощью более детального сравнения условий контролируемого эксперимента, сочетания метеорологических параметров в момент снижения температуры воздуха до суточного минимума, а также погодных условий, предшествовавших наступлению холодного фронта. В климатической камере в 1-м варианте опытов была равна $-5,98^{\circ}\text{C}$, а во втором варианте $-2,94^{\circ}\text{C}$. В первом варианте значения ЭЭТ были близки к начальным повреждающим температурам для слабостойких таксонов *O. europaea* subsp. *cuspidata* и *O. fragrans*, что и послужило причиной существенных морозных повреждений. Несмотря на то, что во втором варианте температурные условия были более мягкими, низкая влажность воздуха способствовала развитию водного дефицита, который снижал морозостойкость у генотипов *Olea*.

Значительные нарушения в работе фотосинтетического аппарата, выявленные после наступления морозной погоды связаны с комплексом причин. Так, температуры воздуха в начале второй декады декабря 2021 г. превышали климатическую норму на $4...6^{\circ}\text{C}$, а дефицит влажности воздуха был высоким для этого времени года, что отрицательно влияло на процессы закалывания. Сложившиеся условия погоды привели к развитию высокого уровня водного дефицита в листьях изучаемых таксонов семейства Oleaceae, что способствует снижению морозостойкости у генотипов рода *Olea*. В конце второй декады декабря наблюдалось похолодание. Перед понижением температур до отрицательных значений среднесуточная температура воздуха составляла $3,8^{\circ}\text{C}$, относительная влажность – 61%, скорость ветра 3-11 м/с. С одной стороны, длительное влияние низких положительных температур благоприятствовало прохождению первой стадии закалывания, а с другой – расчет ЭЭТ показал, что они находились в пределах $-6,6^{\circ}\text{C}...-13,2^{\circ}\text{C}$, что наоборот, способствовало развитию низкотемпературного стресса. Падение температуры воздуха при прохождении холодного фронта, сопровождалось порывами ветра до 11 м/с и относительной влажностью воздуха 56%. Во время действия температур воздуха, близких к суточному минимуму $-4,6^{\circ}\text{C}...-5,1^{\circ}\text{C}$ (2 часа 10 мин), относительная влажность воздуха снижалась до 47%, а скорость ветра достигала 6-11 м/с. Не смотря на короткий период влияния таких погодных условий, ЭЭТ в это время достигали экстремальных значений и варьировали в пределах $-21^{\circ}\text{C}...-24^{\circ}\text{C}$. С нашей точки зрения, причина выявленных нарушений в работе фотосинтетического аппарата у вечнозеленых видов семейства Oleaceae, которые у таких слабостойких таксонов, как *O. fragrans* и *O. europaea* subsp. *cuspidata* связана не столько с наступлением морозов, а именно в результате их совокупного с сильным ветром и низкой влажностью воздуха воздействия. Данные, полученные в ходе экспериментов и наблюдений за реакцией некоторых представителей семейства Oleaceae, позволили заключить, что при их интродукции необходимо учитывать не только такие характеристики холодного периода, как среднесуточные температуры воздуха, продолжительность морозного периода,

вероятность наступления отрицательных температур, а также вероятность адвекции холодных воздушных масс в сочетании с низкой влажностью воздуха и сильным ветром. Кроме того, следует учитывать, что недостаток водообеспечения в начале холодного периода на ЮБК может стать причиной снижения зимостойкости у генотипов *O. europaea* и *O. fragrans*.

Благодарности

Исследования выполнены на оборудовании ЦКП «Физиолого-биохимические исследования растительных объектов» (ФБИ РО) ФГБУН "НБС-ННЦ" (Ялта, Россия).

Литература / References

Агрокліматичний довідник по території України. Кам'янець-Подільський, 2011. 108 с.

[Agroclimatic reference book on the territory of Ukraine. Kamianets-Podilskyi, 2011 – 108 p.]

Бородин И.Ф., Будаговский А.В., Будаговская О.Н., Будаговский И.А., Судник Ю.А. Применение эффекта фотоиндуцированной изменчивости оптических свойств хлорофиллсодержащих тканей для диагностики функционального состояния растений // Доклады РАСХН. 2008. № 5. С. 62–65.

[Borodin I.F., Budagovskiy A.V., Budagovskaya O.N., Budagovskiy I.A., Sudnik Yu.A. Application of the effect of photoinduced variability of the optical properties of chlorophyll-containing tissues for the diagnosis of the functional state of plants // RASCS reports. 2008ю 5: 62–65.]

Важов В.И., Антюфеев В.В., Куликов Г.В., Максимов А.П. Термические особенности зимы 1984-1985 на ЮБК и древесные экзоты // Труды Никит. ботан. сада. 1988. Т. 105. С. 104–116.

[Vazhov V.I., Antyufeev V.V., Kulikov G.V., Maksimov A.P. Thermal features of the 1984-1985 winter on the SCC and woody exotics // Works of Nikit. bot. gardens. 1988. 105: 104–116.]

Врублевська, О.О., Катеруша Г.П. Прикладна кліматологія. Конспект лекцій. Дніпропетровськ, Економіка, 2005. 131 с.

[Vrublevs'ka, O.O., Katerusha G.P. Applied Climatology. Lecture notes. Dnepropetrovsk, Ekonomika, 2005. 131 p.]

Губанова Т.Б., Палий А.Е. Физиолого-биохимические аспекты морозостойкости *Olea europaea* L. Физиология растений. 2020. Т. 67. № 4. С. 428–437. DOI: 10.31857/S0015330320030100

[Gubanova T.B., Paliy A.E. Physiological and biochemical aspects of frost resistance of *Olea europaea* L. // Plant physiology. 2020. 67(4):428–437.]

Губанова Т.Б. Влияние отрицательных температур на фотосинтетическую активность у некоторых вечнозелёных видов семейства Oleaceae // Субтропическое и декоративное садоводство. 2019. 70:158-167. DOI: 10.31360/2225-3068-2019-70-158-167.

[Gubanova T.B. The effect of negative temperatures on photosynthetic activity in some evergreen species of the Oleaceae family // Subtropical and ornamental gardening. 2019. 70: 158–167.]

Корсакова С.П., Корсаков П.Б. Динамика временных границ климатических сезонов на Южном берегу Крыма в условиях изменения климата // Бюллетень Никитского ботанического сада. 2018. №. 127.С. 107–115. DOI: 10.25684/NBG.boolt.127.2018.15

[Korsakova S.P., Korsakov P.B. Dynamics of the time limits of climatic seasons on the Southern Coast of the Crimea in the context of climate change // Bulletin of the State Nikitsky Botanical Gardens, 2018. 127: 107–115.]

Лищук А.И. Физиологические и биофизические методы в селекции плодовых культур: методические рекомендации. М., 1991. 58 с.

[Lishchuk A.I. Physiological and biophysical methods in fruit crop breeding: methodological recommendations. M., 1991. 58 p.]

Максимов А.П., Галушко Р.В., Антюфеев В.В. Обмерзание древесных интродуцентов в Никитском ботаническом саду // Труды Никитского ботанического сада. 1995. Т. 115 С. 63–73.

[Maksimov A.P., Galushko R.V., Antyufeyev V.V. Freezing of tree introductions in the Nikitsky Botanical Gardens // Works of Nikit. bot. gardens. 1995. 115: 63–73.]

Нестеренко Т.В., Тихомиров А.А., Шихов В.Н. Индукция флуоресценции хлорофилла как оценка устойчивости растений к неблагоприятным воздействиям // Журнал общей биологии. 2007. 68(6): 444–458.

[Nesterenko T.V., Tihomirov A.A., Shikhov V.N. Chlorophyll fluorescence induction as an assessment of plant resistance to adverse effects // Journal of General Biology. 2007. 68(6): 444–458.]

Трунова Т.И. Растение и низкотемпературный стресс. М., 2007. 134 с.

[Trunova T.I. Plant and low-temperature stress. M., 2007. 134 p.]

Adams W.W.I., Demmig-Adams B., Rosenstiel T.N., Ebbert V. Dependence of photosynthesis and energy dissipation activity upon growth form and light environment during the winter // Photosynth. Res. 2001. 67: 51–62. DOI: 10.1023/A:1010688528773.

Dolferus R. To grow or not to grow: A stressful decision for plants. Plant Sci. 2014. 229: 247–261.

Hossain M.A., Hoque M.A., Burritt D.J., Fujita M. Proline protects plants against abiotic oxidative stress: biochemical and molecular mechanisms // Oxidative Damage to Plants Antioxidant Networks and Signaling / Ed. P. Ahmad.: Academic Press is an imprint of Elsevier. 2014: 477–521.

Li X.-P., Borkman O., Shih C., Grossman A.R., Rosenquist M., Jansson S., Niyogi K.K. A pigment-binding protein essential for regulation of photosynthetic light harvesting // Nature. 2002. 6768: 391–395.

Romanov V.A., Galelyuka I.B., Sarakhan Ie.V. Portable fluorometer Floratest and specifics of its application // Sensor Electronics and Microsystem Technol. 2010. Vol. 1 (7). 3: 39–44.

Stirbet A., Govindjee J. On the relation between the Kautsky effect (chlorophyll *a* fluorescence induction) and Photosystem II: Basics and applications of the OJIP fluorescence transient // Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology. 2011. 104: 236–257.

Strasser R.J., Tsimilli-Michael M., Srivastava A. Analysis of the chlorophyll *a* fluorescence transient. In: Advances in Photosynthesis and Respiration (Papageorgiou G., Govindjee eds.). Chlorophyll *a* Fluorescence: a Signature of Photosynthesis. 2004. Springer, Dordrecht, The Netherlands, P. 321–362.

Ortega-García F, Perago'n J. The response of phenylalanine ammonia-lyase, polyphenol oxidase and phenols to cold stress in the olive tree (*Olea europaea* L. cv. Picual) // J Sci Food Agric. 2009. 89: 1565–1573. DOI:10.1002/jsfa.3625

Статья поступила в редакцию 12.08.2023 г.

Gubanova T.B., Korsakova S.P., Paliy A.E. On the implementation of the potential frost resistance of evergreen species of the Oleaceae family in the conditions of the Southern Coast of the Crimea // Plant Biology and Horticulture: theory, innovation. 2023. № 4 (149). P. 39–48

The results of the studies of high and low air humidity effect on the frost resistance in some evergreen Oleaceae species (*Olea europaea* L., *O. europaea* subsp. *cuspidata* Wall. and G. Don, *Ligustrum lucidum* L., *Osmanthus x fortunei* Carriere u *O. fragrans* Lour.) on the Southern Coast of the Crimea are presented. It has been found out that the air temperature of -6°C , the probability of which on the Southern Coast of the Crimea is 69%, in combination with low air humidity, has a more intense effect on the photosynthetic apparatus in evergreen species of the Oleaceae family than in combination with high air humidity. High sensitivity to the modeling of winter dry conditions was typical for the genotypes of the *Olea* genus, and on the contrary, *Osmanthus x fortunei* was susceptible to a combination of negative temperature and high air humidity. The characteristics of the photosynthetic apparatus state in the evergreen Oleaceae species under advection of cold air masses and a decrease in air temperature to -5.1°C in December 2021 are reported. It has been revealed that the implementation of frost resistance capacity in the studied Oleaceae species depends more on the weather conditions preceding the frost period, wind speed and air humidity at the time of the onset of freezing, but not on the duration of negative temperatures pressure.

Key words: *Evergreen Oleaceae species; frost resistance; winter hardiness; photosynthesis; introduction*