

DOI: 10.25637/TVAN2018.04.06.

УДК 574.2:581.5(477.75)

Корсакова С. П.

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ ЭКОЛОГО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО ПАСПОРТА РАСТЕНИЙ

ФГБУН «Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН»

Реферат. Оптимизация и подбор растений для повышения средообразующей роли зеленых насаждений является актуальной задачей. Для ее решения необходим учет эколого-физиологических характеристик культивируемых растений, особенностей их адаптивного потенциала и экологических предпочтений. Цель исследований – подбор основных параметров и критериев их оценки для эколого-физиологической паспортизации древесных и кустарниковых видов растений на примере *Nerium oleander* L. Применение универсальных современных приборов – монитора фотосинтеза РТМ-48А и фитомонитора РМ-11z для исследований характеристик CO_2 -газообмена интактных листьев позволило определить оптимальные и пороговые значения абиотических факторов среды, ограничивающих рост и развитие растений *N. oleander*. Исследования проведены на территории Никитского ботанического сада – Национального научного центра РАН в 2015–2016 гг. в условиях теплицы при умеренном затенении и в полевых условиях при полной освещенности. На примере *N. oleander* рассмотрены подходы к экологической оценке характеристик CO_2 -газообмена как диагностических элементов при создании эколого-физиологических паспортов растений, позволяющих дать количественную оценку толерантности видов к абиотическим факторам среды, провести анализ их экологических предпочтений. Подобраны основные физиологические параметры для эколого-физиологической паспортизации растений и потенциальной оценки перспектив их использования – квантовый выход фотосинтеза, световой компенсационный пункт, максимальная устьичная проводимость, максимальная транспирация, максимальная скорость нетто-фотосинтеза, максимальная скорость суммарного дыхания, а также оптимальные абиотические факторы среды – фотосинтетически активная радиация, температура листа, температура воздуха, суммы активных температур воздуха выше 10 °С, влажность почвы, криорежим, кислотность почвы. Полученные результаты позволяют оптимизировать подбор культиваров для выращивания в определенных условиях среды с определенным режимом хозяйственного воздействия.

Ключевые слова: *Nerium oleander* L., характеристики газообмена, абиотические факторы среды, экологическая оценка.

Введение

Рациональное использование природных ресурсов для улучшения условий труда, быта и отдыха людей предусматривает сохранение естественной растительности, закладку новых и реконструкцию существующих зеленых насаждений [1]. Площади декоративных насаждений в рекреационных районах должны увеличиваться и формировать внешнюю среду, оптимальную для отдыха, лечения, туризма [2].

Для повышения средообразующей роли зеленых насаждений и оптимизации подбора видов древесно-кустарниковых растений необходимо изучение их эколого-физиологических характеристик, особенностей реакций на воздействие абиотических стрессоров и уровня экологической пластичности.

Специфика эколого-физиологических исследований заключается в том, что растение рассматривается как единый организм, жизненные функции которого тесно взаимосвязаны и реализуются в условиях постоянного взаимодействия с изменяющимися факторами среды [3, 4]. Одной из наиболее чувствительных клеточных систем растительного организма к воздействию внешней среды является фотосинтетический аппарат [5–7]. Считается, что максимальная величина скорости фотосинтеза генетически детерминирована [8]. Интенсивность факторов, обеспечивающих достижение максимума нетто-фотосинтеза интактных растений, можно рассматривать как экологический оптимум исследуемого генотипа [9]. Показатели квантового выхода фотосинтеза и светового компенсационного пункта часто используются для сравнения теневыносливости растений [10]. Угол наклона световой кривой фотосинтеза характеризует скорость фотохимических реакций, эффективность использования света растением, содержание хлорофилла [7, 10]. Интенсивность дыхания листьев является родоспецифическим признаком [11], тесно взаимосвязанным с уровнем толерантности вида к стрессовому воздействию и является одним из средств оценки адаптационной способности растений [11, 12]. Одним из главных показателей водного режима, имеющим большое значение при анализе адаптационных особенностей растений к условиям среды, является интенсивность транспирации и устьичная проводимость [13].

Результаты экологической оценки физиологии различных видов растений при помощи методологии и приборной базы фитомониторинга позволяют дифференцировать виды по их эколого-физиологическому потенциалу: особенностям ассимиляционной деятельности, водного режима, засухоустойчивости, теневыносливости. Все это необходимо учитывать при разработке экологического и физиологического паспорта вида (сорта) для определенных эколого-климатических (микrokлиматических) условий выращивания, в условиях светокультуры и при интродукции.

Цель исследований – подбор основных параметров и критериев их оценки для эколого-физиологической паспортизации древесных и кустарниковых видов растений на примере *Nerium oleander* L.

Материал и методы исследований

В качестве объекта исследований выбран широко используемый в озеленении городов и парков на Южном берегу Крыма (ЮБК) и Черноморском побережье Кавказа олеандр обыкновенный (*Nerium oleander* L.). Длительное яркое обильное цветение в сочетании с неприхотливостью в выращивании и устойчивостью к засухе, загазованности воздуха, морским аэрозолям, сделали его одним из популярнейших высокодекоративных растений для создания садово-парковых композиций санаторно-курортных зон и набережных [14, 15].

Исследования проведены на территории Никитского ботанического сада – Национального научного центра (НБС–ННЦ) в течение 2015–2016 годов. Одна часть экспериментов проведена в теплице в условиях умеренного затенения (около 50–60 % от полного освещения) на четырехлетних саженцах, растущих в 10-литровых вегетационных сосудах с почвой. Другая часть – в полевых условиях при полной освещенности непосредственно в местах произрастания растений на территории Верхнего парка арборетума и опытном участке центрального отделения НБС–ННЦ.

Территория НБС–ННЦ расположена на Южном берегу Крыма и занимает нижний уступ южного макросклона Главной гряды Крымских гор. Природно-климатическая зона данной территории характеризуется умеренно-жарким, засушливым субтропическим климатом средиземноморского типа [16]. В годы исследований годовое количество осадков варьировало от 602 до 660 мм, за

вегетационный период их выпадало 321–347 мм, ГТК – 1,0–1,1. Сумма активных температур воздуха выше 10 °С составила 3871–3973 °С, продолжительность периода активной вегетации – 206–218 дней. Отличительными особенностями вегетационного периода 2015 г. были дождливая погода в июне, жаркий, сухой август и по-летнему теплая, временами жаркая, погода в сентябре. Среднемесячная температура самого теплого месяца периода (августа) составила 25,5 °С, а абсолютный максимум – 35,6 °С. Вегетационный период 2016 г. характеризовался очень жарким июнем, сильными ливнями в первых числах июля, сухим сентябрем и холодной влажной погодой во второй половине октября. Самая высокая среднемесячная температура воздуха (25,8 °С) наблюдалась в августе, а абсолютный максимум (35,6 °С) – в июне.

Почвы – агрокоричневые, среднегумусированные, слабокарбонатные, мощные, легко- и среднеглинистые на продуктах выветривания глинистых сланцев с примесью известняков. Количество гумуса варьирует от 3 до 6 %, плотная почвообразующая порода залегает глубже 120–150 см, мощность аккумулятивного перегнойного горизонта – от 30 до 50 см и он имеет коричневую или темно-серую окраску с комковатой структурой. Содержание скелетных частиц более 1 мм в верхнем горизонте составляет 23–40 %. В верхнем горизонте преобладает хряц (частицы размером менее 1 см), а в нижележащих горизонтах – щебень (частицы более 1 см). Максимальная гигроскопическая влага в слое 0–100 см варьирует от 6,5 до 8,4 %. Наименьшая влагоёмкость (НВ) в слое 0–50 см изменяется от 24,5 до 35,2 %, а в слое 50–100 см – от 18,5 до 26,8 %, влажность завядания – 8,7–11,3 %. Запасы влаги при НВ в слое 0–100 см – 198–273 мм. Почва практически не засолена, рН = 7,5–7,8 % [17].

При исследовании экофизиологической реакции на воздействие гидротермического стресса полив опытных растений прекращали в период активного роста. Влажность почвы в сосудах с контрольными растениями поддерживали на уровне, соответствующем увлажнению 60–80 % от НВ. Диапазон параметров окружающей среды в период измерений: температура воздуха 10–39 °С, температура листа – 8–46 °С, фотосинтетически активная радиация – 0–2000 мкмоль квантов/(м² × с), относительная влажность воздуха – 20–90 %, влажность почвы – 7–100 % от НВ.

Применение специальных современных, не повреждающих растения, фитомониторных систем и оборудования – монитора фотосинтеза РТМ-48А и фитомонитора РМ-11z [18] для исследований variability и разнообразия изменений характеристик СО₂-газообмена интактных листьев в ответ на изменения внешней среды позволило выявить оптимальные и пороговые значения абиотических факторов, ограничивающих рост и развитие растений [14, 19].

Обработку данных проводили с помощью пакета MS Excel 2010 и программы Statistica 10 («Statsoft Inc.», США).

Результаты и их обсуждение

N. oleander – вечнозеленый вторично-древесинный кустарник из Средиземноморья, адаптировавшийся в процессе эволюции к кратковременному снижению температуры в минусовом диапазоне [20]. Семейство Кутровые (Аросупасеae), высота – до 4 м. Цветет с июня по октябрь. При отсутствии водного дефицита интенсивный рост побегов и молодых листьев в условиях ЮБК у олеандра начинается со второй половины июня и достигает максимума к середине июля. Максимальная скорость роста побегов и накопления фитомассы сохраняется до середины августа (рисунок 1.1). В это же время наблюдается и максимальная фотосинтетическая активность (рисунок 1.2).

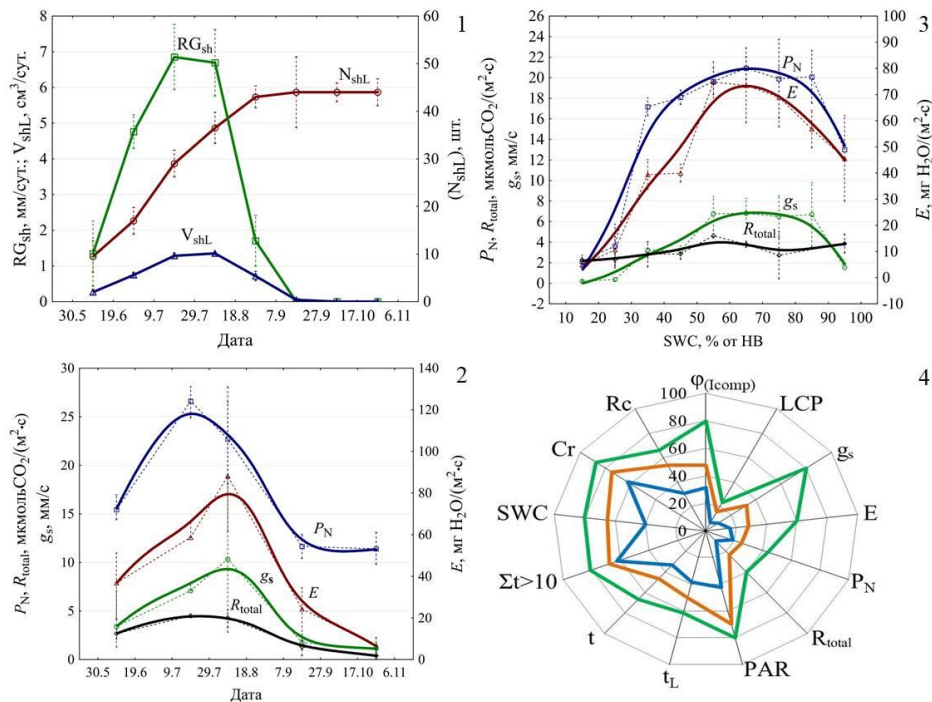


Рисунок 1 – Эколого-физиологическая характеристика *N. oleander* в условиях Южного берега Крыма

Примечание. 1. Динамика нарастания фитомассы нормально развитого однолетнего побега в оптимальных условиях увлажнения периода активной вегетации: RG_{sh} (средняя скорость роста побега, мм/сут), N_{sh} (динамика увеличения числа листьев, шт) и V_{shL} (средняя скорость прироста объема фитомассы листьев, $см^3/сут$); 2. Динамика показателей фотосинтетической активности и водного обмена в оптимальных условиях увлажнения периода активной вегетации: g_s (средняя величина устьичной проводимости, мм/с), P_N (средняя скорость нетто-фотосинтеза, мкмоль $CO_2/(м^2 \times с)$), R_{total} (средняя скорость темнового дыхания, мкмоль $CO_2/(м^2 \times с)$) и E (средняя интенсивность транспирации, мг $H_2O/(м^2 \times с)$); 3. Динамика показателей фотосинтетической активности и водного обмена в условиях нарастания дефицита почвенной влаги (обозначения как на рисунке 1.2); 4. Положение оптимумов (минимальное (синий), максимальное (зеленый) значение и медиана (оранжевый)) для *N. oleander* на градиентах эколого-физиологических факторов (см. таблицу 1).

Во второй половине августа темпы роста побегов и листьев снижаются до полного прекращения к концу сентября. В октябре начинается одревеснение отросших побегов. Плоды созревают в октябре-ноябре. Отношение к влаге – ксеромезофит. Путь фотосинтеза – С3 [21]. Критическая отрицательная температура, при которой наступает летальное повреждение надземной части составляет $-15\text{ }^{\circ}C$ [20, 22]. Значения LCP, g_s , P_N , R_{total} , PAR (таблица 1) в условиях экологического оптимума свидетельствуют о высоком светолюбии вида и наличии у *N. oleander* мощного аппарата поглощения и восстановления CO_2 с высокой скоростью фотохимических реакций. Вместе с тем, величины угла наклона начального участка световой кривой ($\Phi(I_{comp})$) указывают на его способность эффективно использовать при фотосинтезе свет в области невысоких интенсивностей. Легко адаптируется к засушливым условиям и способен перенести длительные периоды засухи благодаря анатомо-морфологическим и физиологическим приспособлениям к резкому сокращению транспирации при водном дефиците [14, 15]. Одной из специфических адаптационных реакций к экстремальным условиям засухи является ускоренное старение листьев и частичная дефолиация (до 60–70 %), что приводит к утрате декоративности [14].

Для количественной оценки экологических предпочтений и толерантности *N. oleander* к стресс-факторам периода вегетации предполагалось, что наиболее объективным показателем реакции на условия внешней среды является CO_2 -обмен интактных листьев, оперативно отражающий реакцию растений на изменения условий внешней среды на всех стадиях онтогенеза и доступный для инструментального непрерывного измерения [9]. При этом измеряемые параметры должны нести определенный физиологический смысл, связанный или с максимальной эффективностью процесса, или с его максимальной скоростью.

Таблица 1 – Реальные показатели значений эколого-физиологических факторов для *N. oleander* в условиях экологического оптимума

Положение на градиентах факторов	Минимум	Медиана	Максимум
$\Phi_{(comp)}$ (квантовый выход фотосинтеза), мкмоль CO_2 /мкмоль квантов.	0,04	0,06	0,10
LCP (световой компенсационный пункт), мкмоль квантов/($\text{m}^2 \times \text{c}$).	10,0	23,3	35,0
g_s (максимальная устьичная проводимость), мм/с.	2,1	6,5	16,1
E (максимальная транспирация), мг H_2O /($\text{m}^2 \times \text{c}$).	40,1	70,4	150,2
P_N (максимальная скорость нетто-фотосинтеза), мкмоль CO_2 /($\text{m}^2 \times \text{c}$).	14,9	20,4	34,9
R_{total} (максимальная скорость суммарного дыхания), мкмоль CO_2 /($\text{m}^2 \times \text{c}$).	2,0	4,7	8,1
PAR (фотосинтетически активная радиация), мкмоль квантов/($\text{m}^2 \times \text{c}$).	850	1400	1600
t_L (температура листа), °C.	23	30	37
t (температура воздуха), °C.	20	28	40
$\Sigma t > 10$ (суммы активных температур воздуха выше 10°C), °C.	3500	3800	4500
SWC (влажность почвы), % от НВ.	40	65	80
T_g (средняя месячная температура самого холодного месяца), °C.	-1,1	6,0	13,1
Rc (кислотность почвы), pH почвы.	5,5	7,0	7,8

Задача заключалась в выборе наиболее оптимальных информативных экологических и физиологических показателей. Предполагалось, что полученные показатели дадут возможность интерпретировать их с позиции целостности организма как потенциальную эколого-физиологическую характеристику данного вида, что, в свою очередь, позволит сравнивать различные виды растений, произрастающих в сходных условиях по показателям, измеренным с использованием единой методики.

В результате анализа экспериментальных данных в многофакторных опытах определен комплекс внешних условий, обуславливающих наилучшее формирование растения на всех этапах развития. При этом оценена динамика основных показателей жизнедеятельности растений в период активной вегетации: ритмы роста и динамика нарастания фитомассы, динамика показателей фотосинтетической активности и водного обмена. В условиях нарастания водного дефицита выявлены особенности реакции фотосинтетического аппарата и водного режима на воздействие стресс-факторов засушливого периода. Определены наиболее значимые для оценки эффективности использования световой энергии кардинальные точки световой кривой, экологические оптимумы внешней среды, обеспечивающие максимум фотосинтетической активности (см. рисунок 1).

Поскольку экологические и физиологические факторы имеют различную размерность, для их оценки используют фитоиндикационные шкалы, где все переменные выражены в сопоставимых единицах на градиентах факторов. Это достигается переводом реальных единиц в относительные, нормированные (от 0 до

100 %). Методика их построения основана на том принципе, что экологический оптимум, обеспечивающий достижение максимальной скорости процесса фотосинтеза и потенциальные максимумы физиологических характеристик для каждого вида флоры находятся в определенных диапазонах градиентов экологических и физиологических факторов, ограниченных максимальными и минимальными значениями, и благодаря этому могут рассматриваться как потенциальная эколого-физиологическая характеристика данного вида. Базовые шкалы оценки экофизиологических факторов (см. рисунок 1.4) характеризуются следующими диапазонами:

- $\varphi_{(I_{comp})}$ (квантовый выход фотосинтеза при интенсивности света (I_{comp}), когда суммарный CO_2 -газообмен равен нулю) от 0 до 0,125 мкмоль CO_2 /мкмоль квантов [23];
- LCP (световой компенсационный пункт = I_{comp}) от 0 до 150 мкмоль квантов/($m^2 \times c$) [24];
- g_s (максимальная величина устьичной проводимости) от 0 до 20 мм/с;
- E (максимальная интенсивность транспирации) от 0 до 250 мг H_2O /($m^2 \times c$);
- P_N (максимальная скорость нетто-фотосинтеза) от 0 до 80 мкмоль CO_2 /($m^2 \times c$) [25];
- R_{total} (максимальная скорость суммарного дыхания) от 0 до 20 мкмоль CO_2 /($m^2 \times c$) [26];
- PAR (или ФАР – фотосинтетически активная радиация при максимальной скорости фотосинтеза) от 0 до 2000 мкмоль квантов/($m^2 \cdot c$);
- t_L (температура листа при максимальной скорости фотосинтеза) от 0 до 60 °C;
- t (температура воздуха при максимальной скорости фотосинтеза) от 0 до 60 °C;
- $\Sigma t > 10$ (суммы активных температур воздуха выше 10 °C, характеризующие необходимую теплообеспеченность вегетации) от 200 до 5500 °C;
- SWC (влажность почвы при максимальной скорости фотосинтеза) от 0 до 100 % от наименьшей влагоемкости (НВ) почвы;
- Cr (криорежим или критическая средняя месячная температура самого холодного месяца года, характеризующая условия перезимовки) от –37 до 20 °C [27];
- Rc (кислотность почвы) pH от 3,5 до 10 [27].

Выводы

На примере *N. oleander* подобраны основные параметры и их базовые шкалы для эколого-физиологической паспортизации древесно-кустарниковых растений и потенциальной оценки перспектив их использования. Физиологические: квантовый выход фотосинтеза ($\varphi_{(I_{comp})}$), световой компенсационный пункт (LCP), максимальная устьичная проводимость (g_s), максимальная транспирация (E), максимальная скорость нетто-фотосинтеза (P_N), максимальная скорость суммарного дыхания (R_{total}). Зоны оптимума абиотических факторов: фотосинтетически активной радиации (PAR), температуры листа (t_L), температуры воздуха (t), сумм активных температур воздуха выше 10°C ($\Sigma t > 10$), влажности почвы (SWC), криорежима (Cr) и кислотности почвы (Rc).

Для охвата всего набора основных диагностических показателей, обязательных для эколого-физиологической характеристики видов и сортов растений, необходимы дальнейшие исследования по выявлению информативных экологических и физиологических показателей, наиболее полно отражающих специфические и неспецифические реакции растений, обеспечивающие механизмы их адаптации к основным лимитирующим факторам зоны произрастания.

Учет требований размещения культивируемых сортов и видов растений в соответствии с особенностями их адаптивного потенциала позволит оптимизировать подбор культиваров для выращивания в определенных условиях среды с определенным режимом хозяйственного воздействия.

Количественная эколого-физиологическая характеристика вида (сорта) может найти применение в селекционной работе, интродукции растений, а также прогнозировании влияния изменения климата на границы ареалов распространения видов.

Исследования выполнены при поддержке гранта РФФИ № 14-50-00079.

Литература

1. Плугатарь Ю. В., Ильницкий О. А., Ковалев М. С., Корсакова С. П. Экофизиологические характеристики некоторых видов кустарников нижнего яруса в условиях микроклимата парков ЮБК // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. 2015. Вып. 115. С. 7–16.
2. Казимилова Р. Н., Антюфеев В. В., Евтушенко А. П. Принципы и методы агроэкологической оценки территории для зеленого строительства на Юге Украины. К.: Аграрна наука, 2006. 118 с.
3. Корсакова С. П., Ильницкий О. А., Плугатарь Ю. В., Паштецкий А. В. Применение фитомониторных систем для оптимизации интродукционных исследований // Труды Государственного Никитского ботанического сада. 2018. Т. 147. С. 80–82.
4. Ainsworth E. A., Bernacchi C. J., Dohleman F. G. Focus on Ecophysiology // Plant physiology. 2016. Vol. 172. P. 619–621.
5. Титова М. С. Влияние почвенной засухи и низкого уровня освещенности на содержание фотосинтетических пигментов видов *Picea A. Dietr* // Естественные и технические науки. 2013. № 6. С. 81–82.
6. Meletiyou-Christou M. S., Rhizopoulou S. Leaf functional traits of four evergreen species growing in Mediterranean environmental conditions // Acta Physiology Plant. 2017. Vol. 39. No 1. P. 34–46.
7. Кайбейнен Э. Л. Параметры световой кривой фотосинтеза у *Salix dasyclados* и их изменение в ходе вегетации // Физиология растений. 2009. Т. 56, № 4. С. 490–499.
8. Слемнев Н. Н. Особенности фотосинтетической деятельности растений Монголии: эволюционные, экологические и фитоценоотические аспекты // Физиология растений. 1996. Т. 43. С. 418–436.
9. Дроздов С. Н., Холопцева Е. С. Возможности использования многофакторного эксперимента в исследовании эколого-физиологических характеристик растений // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. 2013. № 2 (131). С. 11–15.
10. Hieke S., Menzel C. M., Ludders P. Effects of light availability on leaf gas exchange and expansion in Lychee (*Litchi chinensis*) // Tree Physiology. 2002. Vol. 22. P. 1249–1256.
11. Семихатова О. А., Чиркова Т. В. Физиология дыхания растений. СПб.: СПб.ГУ, 2001. 224 с.
12. Рахманкулова З. Ф. Энергетический баланс целого растения в норме и при неблагоприятных внешних условиях // Журнал общей биологии. 2002. Т. 63. С. 239–248.
13. Yan W., Zhong Y., Shanguana Zh. A meta-analysis of leaf gas exchange and water status responses to drought // Scientific Reports. 2016. 6. 20917. [Электронный ресурс]. DOI: 10.1038/srep20917. (дата обращения 12.09.2018).
14. Корсакова С. П., Плугатарь Ю. В., Ильницкий О. А., Клейман Э. И. Особенности водного обмена *Nerium oleander* L. в условиях прогрессирующей почвенной засухи // Юг России: экология, развитие. 2018. Т. 13. № 1. С. 101–115.
15. Lenzi A. Pittas L., Martinelli T., Lombardi P., Tesi R. Response to water stress of some oleander cultivars suitable for pot plant production // Scientia Horticulturae. 2009. Vol. 122. P. 426–431.
16. Важов В. И. Агроклиматическое районирование Крыма // Труды Государственного Никитского ботанического сада. 1977. Т. 71. С. 92–120.
17. Опанасенко Н. Е., Плугатарь Ю. В., Казимилова Р. Н., Евтушенко А. П. Почвы парков Никитского ботанического сада. Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2018. 256 с.
18. Балаур Н. С., Воронцов В. А., Клейман Э. И., Тон Ю. Д. Новая технология мониторинга CO₂-обмена у растений // Физиология растений. 2009. Т. 56. № 3. С. 466–470.
19. Корсакова С. П., Ильницкий О. А., Плугатарь Ю. В. Сравнительная оценка фотосинтетической активности вечнозеленых декоративных растений на Южном берегу Крыма // Биотехнология как инструмент сохранения биоразнообразия растительного мира (физиолого-биохимические, эмбриологические, генетические и правовые аспекты). Материалы VII международной научно-практической конференции. Ялта: НБС–ННЦ, 2016. С. 172–173.
20. Supuka J., Alkurdi M. I. S., Uhrin P., Halajová D. Assessment of chosen woody plants introduction through growth and physiology characteristics // Thaiszia – J. Bot. 2017. Vol. 27 (1) P. 1–15.
21. Ильницкий О. А., Плугатарь Ю. В., Корсакова С. П., Ковалев М. С., Паштецкий А. В. Зависимость засухоустойчивости *Nerium oleander* L. от факторов внешней среды в условиях Южного берега Крыма // Труды Государственного Никитского ботанического сада. 2016. Т. 142. С. 139–149.
22. Карпун Ю. Н. Субтропическая декоративная дендрология. СПб.: ВВМ, 2010. 580 с.
23. Singsaas E. L., Ort D. R., DeLucia E. H. Variation in measured values of photosynthetic quantum yield in ecophysiological studies // Oecologia. 2001. Vol. 128. P. 15–23.

24. Lobo F. A., Barros M. P., Dalmagro H. J., Dalmonin Â. C., Pereira W. E., Souza É. C., Vourlitis G. L., Rodriguezortiz C. E. Fitting net photosynthetic light-response curves with Microsoft Excel – a critical look at the models // *Photosynthetica*. 2013. Vol. 51(3). P. 445–456.
25. Nobel P. S. Achievable productivities of certain CAM plants: basis for high values compared with C3 and C4 plants // *New Phytol.* 1991. Vol. 119. P. 183–205.
26. Werten T. M., Teskey R. O. Close coupling of whole-plant respiration to net photosynthesis and carbohydrates // *Tree Physiol.* 2008. Vol. 28. P. 1831–1840.
27. Дидух Я. П., Плюта П. Г. Фітоіндикація екологічних факторів, К.: Наукова думка, 1994. 280 с.

References

1. Plugatar Yu. V., Ilnitsky O. A., Kovalev M. S., Korsakova S. P. Ecophysiological characteristics of some shrub cultivars in the lower layer growing under conditions of parks microclimate on South coast of the Crimea // *Bulletin of the State Nikita Botanical Gardens*. 2015. No. 115. P. 7–16.
2. Kazimirova R. N., Antyufeev V. V., Evtushenko A. P. Principles and methods of agroecological assessment of the territory for green building in the South of Ukraine. Kiev: Agrarna nauka, 2006. 118 p.
3. Korsakova S. P., Ilnitsky O. A., Plugatar Yu. V., Pashtetsky A. V. Application of phytomonitoring systems for optimization of introduction researches // *Works of the State Nikita Botanical Gardens*. 2018. Vol. 147. P. 80–82.
4. Ainsworth E. A., Bernacchi C. J., Dohleman F. G. Focus on Ecophysiology // *Plant physiology*. 2016. Vol. 172. P. 619–621.
5. Titova M. S. Influence of the soil drought and low level of illumination on the contents of photosynthetic pigments for species of *Picea* A. Dietr // *Natural and technical sciences*. 2013. No. 6. P. 81–82.
6. Meletiou-Christou M. S., Rhizopoulou S. Leaf functional traits of four evergreen species growing in Mediterranean environmental conditions // *Acta Physiology Plant*. 2017. Vol. 39. No. 1. P. 34–46.
7. Kaibeyainen E. L. Parameters of photosynthesis light curve in *Salix dasyclados* and their changes during the growth season // *Russian Journal of Plant Physiology*. 2009. Vol. 56. No. 4. P. 445–453.
8. Slemnev N. N. Features of photosynthetic activity of plants in Mongolia: evolutionary, ecological and phytocoenotic aspects // *Plant physiology*. 1996. Vol. 43. P. 418–436.
9. Drozdov S. N., Kholoptseva E. S. Possibility of using multifactor experiments in study of plants' ecological and physiological characteristics // *Proceedings of Petrozavodsk State University*. 2013. No. 2 (131). P. 11–15.
10. Hieke S., Menzel C. M., Ludders P. Effects of light availability on leaf gas exchange and expansion in lychee (*Litchi chinensis*) // *Tree Physiology*. 2002. Vol. 22. P. 1249–1256.
11. Semikhatova O. A., Chirkova T. V. Physiology of plant respiration. Saint-Petersburg: Saint-Petersburg State University (SPbSU), 2001. 224 p.
12. Rakhmankulova Z. F. Energy balance of a plant under normal and unfavourable conditions // *Biology Bulletin Reviews*. 2002. Vol. 63. P. 239–248.
13. Yan W., Zhong Y., Shangguan Zh. A meta-analysis of leaf gas exchange and water status responses to drought // *Scientific Reports*. 2016. 6. 20917. [Electronic resource]. DOI: 10.1038/srep20917 (reference's date 12.09.2018).
14. Korsakova S. P., Plugatar Yu. V., Ilnitsky O. A., Klejman E. I. Water relation features of *Nerium oleander* L. under progressive soil drought stress // *South of Russia: ecology, development*. 2018. Vol. 13. No. 1. P. 101–115.
15. Lenzi A., Pittas L., Martinelli T., Lombardi P., Tesi R. Response to water stress of some oleander cultivars suitable for pot plant production // *Scientia Horticulturae*. 2009. Vol. 122. P. 426–431.
16. Vazhov V. I. Agroclimate division of the Crimea // *Works of the State Nikita Botanical Gardens*. 1977. Vol. 71. P. 92–120.
17. Opanasenko N. E., Plugatar Yu. V., Kazimirova R. N., Yevtushenko A. P. Soils of the parks of the Nikita Botanical Gardens. Simferopol: PP "ARIAL". 2016. 256 p.
18. Balaur N. S., Vorontsov V. A., Klejman E. I., Ton Yu. D. Novel technique for component monitoring of CO₂ exchange in plants. *Plant physiology*. 2009. Vol. 56. No. 3. P. 466–470.
19. Korsakova S. P., Ilnitsky O. A., Plugatar Yu. V. Comparative evaluation of photosynthetic activity in some evergreen ornamental plants on the Southern coast of the Crimea // *Biotechnology as an Instrument for Plant Biodiversity Conservation (physiological, biochemical, embryological, genetic and legal aspects)*. Proceedings of the VII International Scientific and Practical Conference. Yalta: Nikita Botanical Gardens. 2016. P. 172–173.
20. Supuka J., Alkurdi M. I. S., Uhrin P. Assessment of chosen woody plants introduction through growth and physiology characteristics // *Thaiszia – Journal of Botany*. 2017. Vol. 27 (1). P. 1–15.
21. Ilnitsky O. A., Plugatar Yu. V., Korsakova S. P., Kovalev M. S., Pashtetsky A. V. Correlation between drought resistance of *Nerium oleander* L. and environmental factors under conditions of South coast of the Crimea // *Works of the State Nikita Botanical Gardens*. 2016. Vol. 142. P. 139–149.
22. Karpun Yu. N. Subtropical ornamental dendrology. Saint-Petersburg: BBM, 2010. 580 p.
23. Singaas E. L., Ort D. R., DeLucia E. H. Variation in measured values of photosynthetic quantum yield in ecophysiological studies // *Oecologia*. 2001. Vol. 128. P. 15–23.
24. Lobo F. A., Barros M. P., Dalmagro H. J., Dalmonin Â. C., Pereira W. E., Souza É. C., Vourlitis G. L., Rodriguezortiz C. E. Fitting net photosynthetic light-response curves with Microsoft Excel – a critical look at the models // *Photosynthetica*. 2013. Vol. 51(3). P. 445–456.

25. Nobel P. S. Achievable productivities of certain CAM plants: basis for high values compared with C3 and C4 plants // *New Phytol.* 1991. Vol. 119. P. 183–205.
26. Werten T. M., Teskey R. O. Close coupling of whole-plant respiration to net photosynthesis and carbohydrates // *Tree Physiol.* 2008. Vol. 28. P. 1831–1840.
27. Didukh Ya. P., Plyuta P. G. *Phytoindication of environmental factors.* Kiev: Naukova dumka. 1994. 280 p.

UDC 574.2:581.5(477.75)

Korsakova S. P.

CRITERIA FOR EVALUATING THE PARAMETERS OF ECO-PHYSIOLOGICAL PASSPORT OF PLANTS

Summary. *Optimization and choice of plants for increasing the environmental role of green spaces is an urgent task. To solve this problem, it is necessary to take into account ecological and physiological characteristics of cultivated plants, peculiarities of their adaptive potential and environmental preferences. The aim of the research was to choose the main parameters and criteria for assessment tree and shrub species on the example of Nerium oleander L. for their ecological and physiological certification. The use of multipurpose, universal and modern devices, namely: photosynthesis monitor RTM-48A and phytomonitor PM-11z for determining the characteristics of CO₂ gas exchange in intact leaves allowed identifying the optimal and threshold values of abiotic environmental factors limiting the growth and development of N. oleander. The study was carried out in 2015–2016 under greenhouse (moderate shading) and field conditions (full exposure to sunlight) at the Nikita Botanical Gardens. Using N. oleander as a test plant, we discussed the approaches to the environmental assessment of CO₂-gas exchange characteristics as diagnostic elements for creating ecological and physiological passport of plant, which allows quantifying the tolerance of species to abiotic environmental factors and analyzing their environmental preferences. The main parameters for ecological and physiological passport of plant and for potential assessment of prospects of their use were chosen. Physiological: quantum yield of photosynthesis, light compensation point, maximum stomatal conductance, maximum transpiration, maximum rate of net photosynthesis, maximum rate of total respiration; and optimal abiotic environmental conditions: photosynthetic active radiation, leaf temperature, air temperature, total effective temperatures above 10 °C, soil moisture, cryoregime, soil acidity. The obtained results allow us to optimize the choice of cultivars for cultivation in certain environmental conditions with a certain mode of managemental impact.*

Keywords: *Nerium oleander L., gas exchange characteristics, abiotic environmental factors, environmental assessment.*

Корсакова Светлана Павловна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории фитомониторинга, ФГБУН «Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН»; 298648, Россия, Республика Крым, г. Ялта, пгт. Никита, ул. Никитский спуск, 52; e-mail: korsakova2002@mail.ru.

Korsakova Svetlana Pavlovna, Cand. Sc. (Biol.), senior researcher of the Laboratory of phytomonitoring, FSFIS “The Labor Red Banner Order Nikita Botanical Gardens – National Scientific Center of Russian Academy of Sciences”; 52, Nikitskiy spusk str., urban vill. Nikita, Republic of Crimea, 298648, Russia; e-mail: korsakova2002@mail.ru.

Дата поступления в редакцию – 24.09.2018.

Дата принятия к печати – 30.10.2018.