

УДК 582.923.5:58.032

DOI: 10.36305/2019-4-153-37-48

ОСОБЕННОСТИ ЭКОФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ *ARBUTUS ANDRACHNE* L. НА ВОЗДЕЙСТВИЕ ГЛУБОКОЙ ПОЧВЕННОЙ ЗАСУХИ В УСЛОВИЯХ ЮЖНОГО БЕРЕГА КРЫМА

Александр Тарасович Гиль

Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН
298648, Республика Крым, г. Ялта, пгт Никита, Никитский спуск, 52
e-mail: 234171@gmail.com

Изучена экофизиологическая реакция *Arbutus andrachne* L. на воздействие глубокой почвенной засухи, определены зоны оптимума и пороговые значения влажности почвы, температуры и освещенности, лимитирующие фотосинтез и транспирацию данного вида в условиях Южного берега Крыма. Выявлены генотипические особенности *Arbutus andrachne* L. для поддержания оптимального в соответствии с условиями среды водного баланса. Найдены оптимумы исследуемых параметров: $W_n = 55\text{--}75\%$ НВ, $I = 1000\text{--}1200$ мкмоль/м²с, $P_n = 14\text{--}17,5$ мкмоль/м²с. Изучен экофизиологический ответ растений на водный дефицит, получена информация о влиянии интенсивности и длительности водного стресса. Снижение влажности почвы до 20–17% НВ (первая волна засухи) приводит к угнетению растений: фотосинтез снижается до $P_n = 9\text{--}12,5$ мкмоль/м²с, транспирация до $E = 55\text{--}65$ мг/м²с, листья начинают перегреваться (разность температур листа опытного и контрольного растений в полуденные часы составляет $\Delta T_l = 2\text{--}4^\circ\text{C}$). После полива растение быстро восстанавливается. В результате глубокой засухи (вторая волна), когда влажность почвы достигла $W_n = 15\text{--}13\%$ НВ, фотосинтез P_n снижается практически до нуля, а при $W_n \leq 13\%$ НВ листья увядают. Транспирация сокращается до $E = 15\text{--}25$ мг/м²с, листья перегреваются (разность температур листа опытного и контрольного растений доходит в полуденные часы до $\Delta T_l = 10^\circ\text{C}$), диаметр побега сократился на $\Delta d = 1,1$ мм, что составляет 16% по сравнению с исходным значением толщины побега. При длительной засухе прекращается верхушечный рост, падает тургор. При снижении влажности почвы до $W_n = 17\text{--}13\%$ НВ происходит перегрев листьев на $\Delta T_l = 5\text{--}10^\circ\text{C}$ по сравнению с контрольным растением, находящемся в нормальных условиях увлажнения. *A. andrachne* обладает относительно высоким потенциалом фотосинтеза для акклиматизации к повышенной температуре. При температуре листа выше оптимальной, интенсивность фотосинтеза резко падает, оптимальным её значением является $T_l = 28\text{--}30^\circ\text{C}$.

Ключевые слова: *Arbutus andrachne* L.; интенсивность видимого фотосинтеза; транспирация; фитомониторинг; эколого-физиологическая характеристика

Введение

В условиях усиления аридизации территории Южного берега Крыма (ЮБК) и в связи с глобальным изменением климата (Koerner et al, 2005; Karam et al., 2011), исследование эколого-физиологических особенностей редких и охраняемых видов – необходимая основа для их сохранения, разработки экологически обоснованной системы охраны и поддержания биоэкологического потенциала.

Из 24 местных видов 11 видов находятся под угрозой исчезновения и занесены в список сохранения, а два вида являются эндемиками Крыма (Plugatar et al., 2019).

Для сохранения естественной растительности, закладки новых и реконструкции существующих зеленых насаждений в условиях Южного берега Крыма (ЮБК) необходимо особое внимание уделять растениям различных видов, произрастающих в условиях микроклимата, формируемого окружающей средой (Анненков и др., 1984). В качестве объекта исследований нами был выбран земляничник мелкоплодный *Arbutus andrachne* L.

Ещё в начале прошлого века уже было отмечено, что «... земляничник мелкоплодный является вымирающей породой, слабо возобновляющейся и способной давать молодое поколение лишь в отдельные благоприятные годы» (Эггерс, 1934). Известны работы по изучению *A. andrachne*, в которых для этого вида исследованы

условия произрастания (Губанова, 2013), характер развития, экологическая пластичность (Фалькова, 2001), дендрометрические характеристики и жизненное состояние (Коба и др., 2018), репродуктивный процесс и способы оптимизации воспроизведения (Шевченко, 2017), типовые показатели транспирации и фотосинтетический потенциал листьев (Wickens, 1998).

Целью работы было изучение особенностей экофизиологической реакции *A. andrachne* на воздействие почвенной засухи в условиях ЮБК, зависимостей параметров, характеризующих различные процессы жизнедеятельности растения: интенсивности фотосинтеза, транспирации, температуры листьев, верхушечного роста, диаметра побега, скорости ксилемного потока от факторов внешней среды – фотосинтетически активной солнечной радиации, влажности почвы.

Объекты и методы исследования

Исследования проводились в условиях закрытого грунта (теплица на территории центрального отделения Никитского ботанического сада ФГБУН «НБС-ННЦ», участок «Лавровое») в мае–июле 2018 года.

Объект: земляничник мелкоплодный (*Arbutus andrachne* L., сем. Ericaceae). Средиземноморский третичный реликт. Ареал вида охватывает Восточное Средиземноморье, Малую Азию, Западное Закавказье и Южный берег Крыма, где находится северная граница его средиземноморского ареала. Гемиксерофит, гелиофит. Высота растения достигает до 12 м. Кора гладкая, красного цвета, в июне отслаивающаяся лоскутами, обнажая молодую, зелёную кору, которая затем становится жёлтой, а к концу лета – кораллово-красной.

Растения – саженцы 3–4 лет, выращенные в вегетационных сосудах.

В проводимых исследованиях влажность почвы в вегетационных сосудах изменялась от 100% НВ до 17–13% НВ – путем прекращения полива растений. Опыты проводились в трехкратной повторности.

В качестве приборной базы для проведения исследований использовали цифровые микроконтроллерные приборы, оборудованные беспроводными каналами связи, объединённые в локальную сеть с возможностью выхода в интернет:

монитор фотосинтеза РТМ-48А – универсальный современный прибор, позволяющий осуществлять не повреждающий круглосуточный контроль за параметрами жизнедеятельности растений и окружающей их среды (более 30 параметров). К монитору могут подключаться до четырех автоматически закрывающихся на время измерения листовых камер. Кроме этого, монитор содержит 8 аналоговых входов для опциональных датчиков и цифровой вход для подключения метеостанции РТН-48.

Монитор фотосинтеза РТМ-48А работает по открытой газометрической схеме, в которой интенсивность газообмена определяют по изменению концентрации CO_2 на выходе листовой камеры относительно входа (Ильницкий и др., 2018). По разности концентраций водяного пара на выходе листовой камеры и в окружающем воздухе, измеряется транспирация.

Рабочая зона камеры LC-4В составляет 20 см² и применима для самых разных листьев. Датчик температуры дополнительно установлен в камере LC-4В для расчёта устьичной проводимости листа. Измерение скорости фотосинтеза определяли на молодых неповрежденных листьях в верхней части побега каждые 15–20 минут. Естественная концентрация CO_2 в воздухе равнялась, примерно, 0,04%. Для характеристики различных процессов жизнедеятельности растений использовали параметры: значения нетто-фотосинтеза – P_n , мкмоль/м²с ($\mu\text{mol} / \text{m}^2\text{s}$); устьичной проводимости – g_s , мм/с (mm/s); интенсивности транспирации – E , мг/м²с (mg /m²s) в

диапазоне фотосинтетически активного излучения - I от 0 до 2000 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ ($\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$). Фотосинтетически активную радиацию и другие параметры окружающей среды: температуру и влажность воздуха измеряли датчиками метео-модуля RTH-48, подключенными к цифровому входу системы РТМ-48А. Датчик фотосинтетической радиации TIR-4 – (I , $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$), температуру листа – датчик LT-1P – ($T_{\text{л}}$, $^{\circ}\text{C}$), датчик влажности почвы – SMS-5P – (%), относительную скорость сокодвижения в побеге (Sf , от. ед.) – датчик сокодвижения SF-5P, рост диаметра побега (d) – датчик SD-10z (мм), датчик верхушечного роста – ауксонометр SA-20z (мм).

Статистическую обработку данных проводили с использованием программы «Statistica 10» («Statsoft Inc.», США). Все расчеты осуществляли при заданном уровне значимости $P \leq 0.05$. На рисунках представлены средние арифметические значения.

Измерение фотосинтеза, транспирации осуществлялось на сформировавшемся листе второго года жизни, расположенном с южной стороны в средней части кроны растения. Датчик температуры листа установлен с нижней стороны. Датчик верхушечного роста – в верхней части побега среди молодых растущих листьев.

Результаты и обсуждение

Физиологические процессы в растении протекают при одновременном воздействии на него большого количества внешних факторов. Для выявления зависимостей интенсивности фотосинтеза P_n , интенсивности транспирации E , температуры листа $T_{\text{л}}$, параметров верхушечного роста L , изменения диаметров побегов d изучаемого вида от основных факторов внешней среды (температуры воздуха $T_{\text{в}}$, фотосинтетически активной радиации I -ФАР, влажности почвы – $W_{\text{п}}$) нами была проведена серия опытов в условиях вегетационного опыта в теплице с регистрацией упомянутых выше параметров.

Интенсивность фотосинтеза – один из основных параметров, отражающих состояние растения, и, в конечном счете, определяет общую продуктивность. Результаты исследований дают возможность интерпретировать их, как потенциальную эколого-физиологическую характеристику данного вида. Считается, что максимально возможная величина скорости фотосинтеза генетически детерминирована (Дроздов и др., 1985; Кайбейнен, Пелконен, 2007; Мокроносов, 1981).

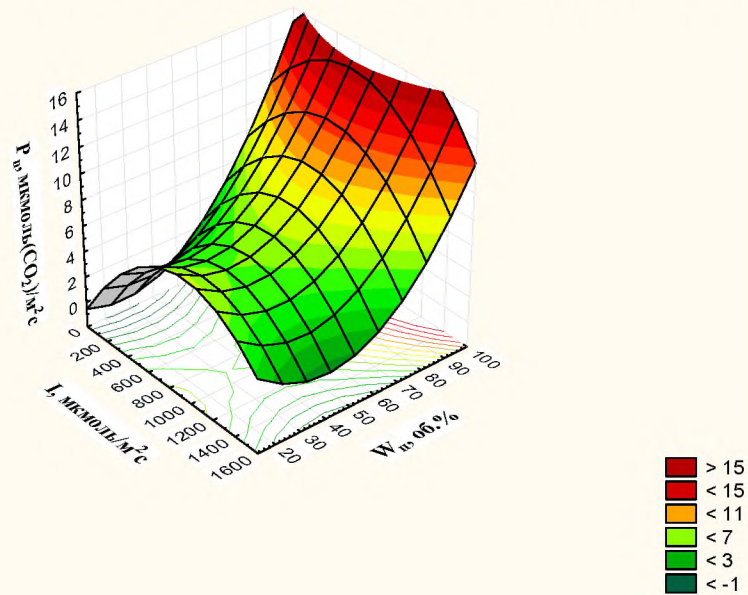
Результаты исследований позволяют получить численные коэффициенты уравнений нелинейной регрессии, характеризующих взаимосвязь (модель) величины нетто-фотосинтеза с основными факторами внешней среды (освещенностью, влажностью почвы), и параметрами растения (транспирацией, температурой листа).

Поверхности функции отклика P_n , построенные в координатах XYZ, и 10 проекций срезов этой поверхности плоскостями, перпендикулярными оси Z, позволяют для каждой допустимой комбинации перечисленных выше факторов получить соответствующую этому сочетанию величину фотосинтеза. Наибольший интерес представляет последний срез. Эта область называется зоной оптимума, в неё попадают точки, имеющие значения более 90% от максимального фотосинтеза (Дроздов, Курец, 2003; Дроздов и др., 1985; Larcher, 2003). Анализ уравнений позволил определить условия и уровни потенциальных максимумов и границы областей оптимумов фотосинтеза в условиях прогрессирующей засухи.

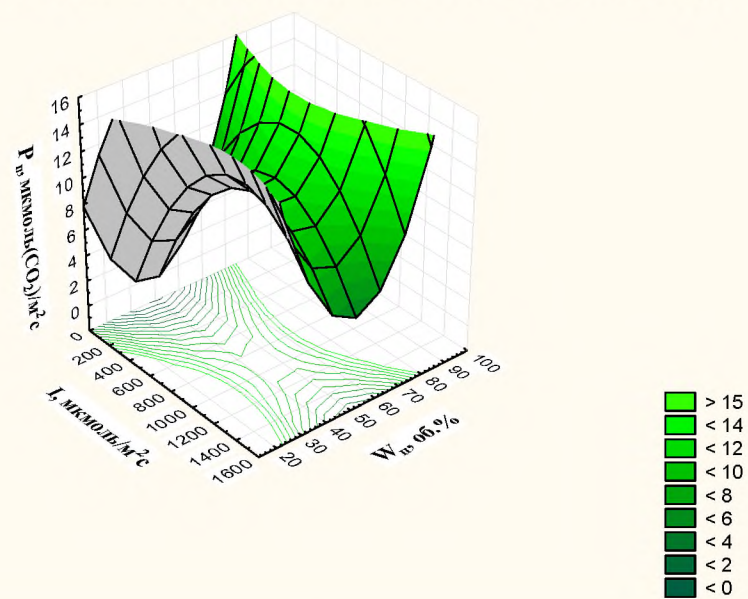
На рис. 1 показаны поверхности квадратичной функции $P_n=f(I, W)$, $P_n=f(I, T_{\text{л}})$ и контуры срезов на плоскости XY.

А

$$P_n = 1,0573 - 0,1644 * x + 0,0173 * y + 0,003 * x * x - 5,0686E-5 * x * y - 8,734E-6 * y * y$$

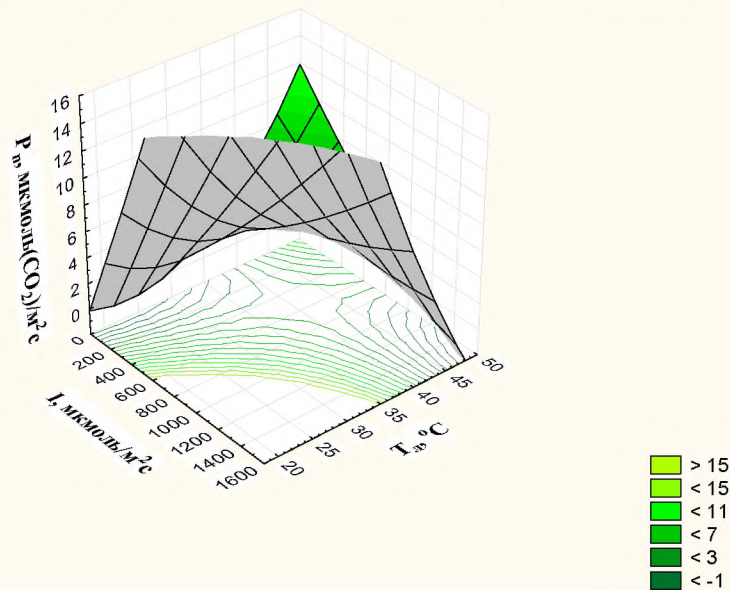


$$P_n = 17,8906 - 0,9311 * x + 0,0321 * y + 0,0119 * x * x - 0,0002 * x * y - 1,2798E-5 * y * y$$



Б

$$P_n = 9,055 - 0,8302 \cdot x + 0,0478 \cdot y + 0,0177 \cdot x \cdot x - 0,0012 \cdot x \cdot y + 1,4343 \cdot 10^{-6} \cdot y \cdot y$$



$$P_n = 2,6506 - 0,4298 \cdot x + 0,0402 \cdot y + 0,0142 \cdot x \cdot x - 0,0008 \cdot x \cdot y - 6,2212 \cdot 10^{-6} \cdot y \cdot y$$

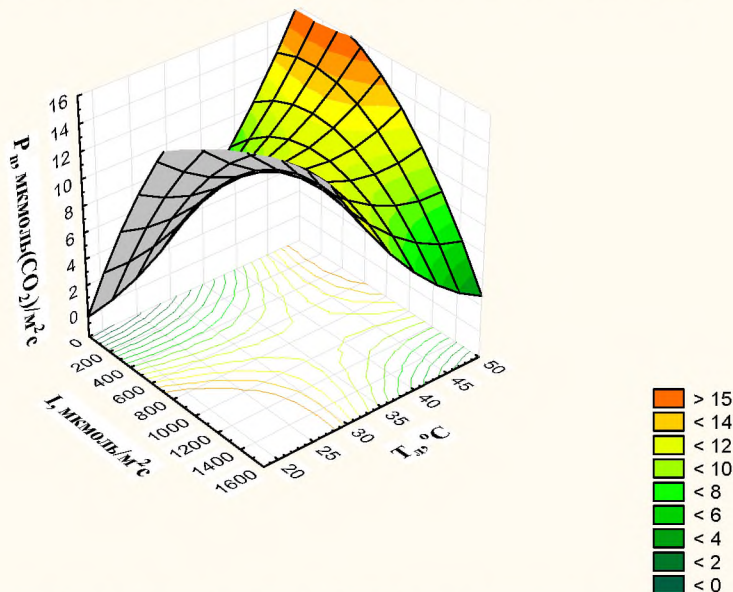


Рис. 1 Зависимость фотосинтеза *A. andrachne* от фотосинтетически активной радиации и:

А: влажности почвы $P_n=f(I, W)$, Б: температуры листа $P_n=f(I, T_L)$

Сверху: опытного растения. Снизу: контрольного растения, за период 15–26 июня 2018г.

Fig. 1 Dependence of *A. andrachne* photosynthesis on photosynthetically active radiation and:

A: soil moisture $P_n=f(I, W)$, B: the temperature of the sheet $P_n=f(I, T_L)$

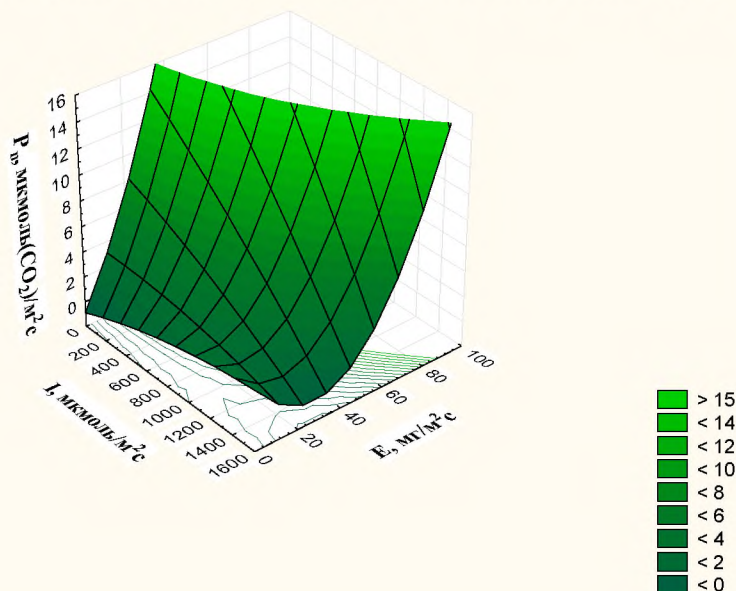
Top: experimental plants. Bottom: control plant, for the period 15–26 June 2018.

На рис. 1А (верхний график) показана поверхность квадратичной функции $P_n=f(I, W)$. Из графика видно, что максимальные значения фотосинтеза опытного растения, находящегося в условиях засухи при влажности почвы $W_n = 25\text{--}30\%$ НВ, равняются $P_n = 9,5\text{--}12$ мкмоль/м²с. Для контрольного растения (рис. 1А, снизу), при влажности почвы $W_n = 55\text{--}75\%$ НВ, значения фотосинтеза равнялись $P_n = 14\text{--}17,5$ мкмоль/м²с. Освещённость составляла $I = 800\text{--}1200$ мкмоль/м²с.

На рис. 1Б показана поверхность квадратичной функции $P_n=f(I, T_L)$. Из рис. 1Б

(верхний график) видно, что для опытного растения максимальные значения фотосинтеза при температуре листа 32–34 °С, $I = 1400\text{--}1600$ мкмоль/м²с равняются $P_n = 9,5\text{--}13$ мкмоль/м²с. Для контрольного растения (рис. 1Б, снизу) эти значения равнялись: $T_{\text{л}} = 27\text{--}29$ °С, $I = 1200\text{--}1400$ мкмоль/м²с, $P_n = 14\text{--}17,5$ мкмоль/м²с соответственно.

$$P_n = -0,8788 + 0,3122 \cdot x + 0,0038 \cdot y + 0,0042 \cdot x \cdot x - 0,0003 \cdot x \cdot y - 9,3533 \cdot 10^{-7} \cdot y \cdot y$$



$$P_n = 0,0601 + 0,1005 \cdot x + 0,0186 \cdot y + 0,0074 \cdot x \cdot x - 0,0007 \cdot x \cdot y + 2,8347 \cdot 10^{-6} \cdot y \cdot y$$

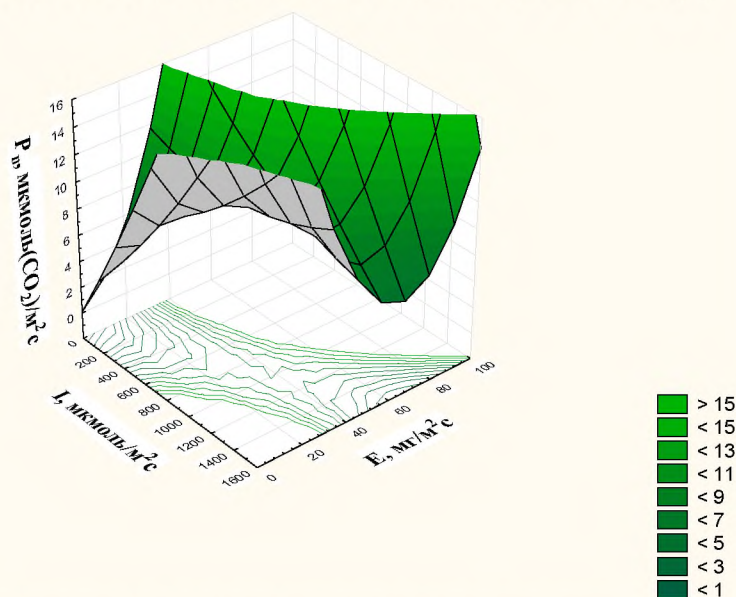


Рис. 2: Зависимость фотосинтеза *A. andrachne* от фотосинтетически активной радиации и транспирации $P_n = f(I, E)$,

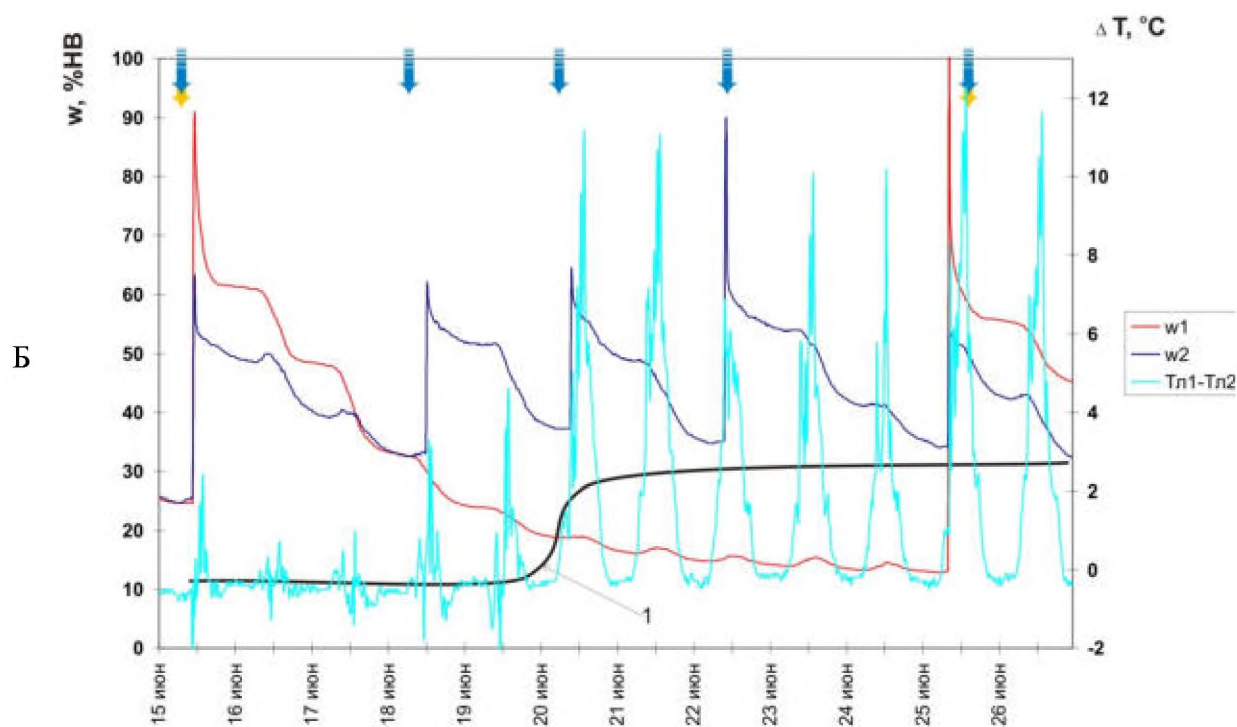
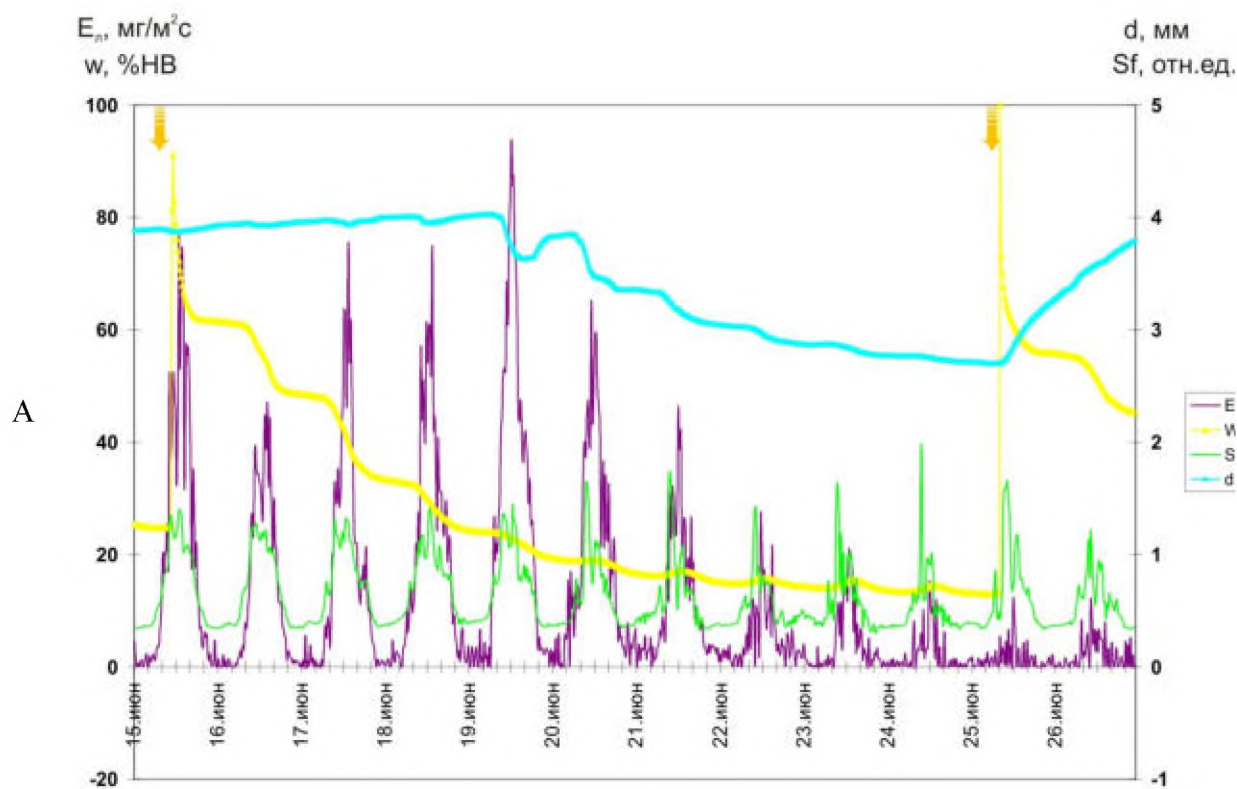
Сверху: опытного растения, снизу: контрольного растения, за период 15–26 июня 2018г.

Fig. 2: Dependence of *A. andrachne* photosynthesis on photosynthetically active radiation and transpiration $P_n = f(I, E)$,

Left: experimental plant, right: control plant, for the period 15–26 June 2018

Транспирация играет важную роль в водном режиме растения. Нами проведена серия опытов, позволяющих найти зависимости между различными факторами внешней среды и транспирацией *A. andrachne*, а также оптимумы этого параметра.

На рис. 2 показана поверхность квадратичной функции $P_n = f(I, E)$ и контуры срезов на плоскости для опытного и контрольного растений. Для опытного растения (рис. 2, слева), максимальные значения фотосинтеза при $E = 20\text{--}30 \text{ мг/м}^2\text{с}$, $I = 1500\text{--}1600 \text{ мкмоль/м}^2\text{с}$ и равняется $P_n = 6\text{--}8 \text{ мкмоль/м}^2\text{с}$. Для контрольного растения (рис. 2, справа) эти значения равнялись: $E = 60\text{--}70 \text{ мг/м}^2\text{с}$, $I = 1500\text{--}1600 \text{ мкмоль/м}^2\text{с}$, $P_n = 12\text{--}17,5 \text{ мкмоль/м}^2\text{с}$ соответственно.



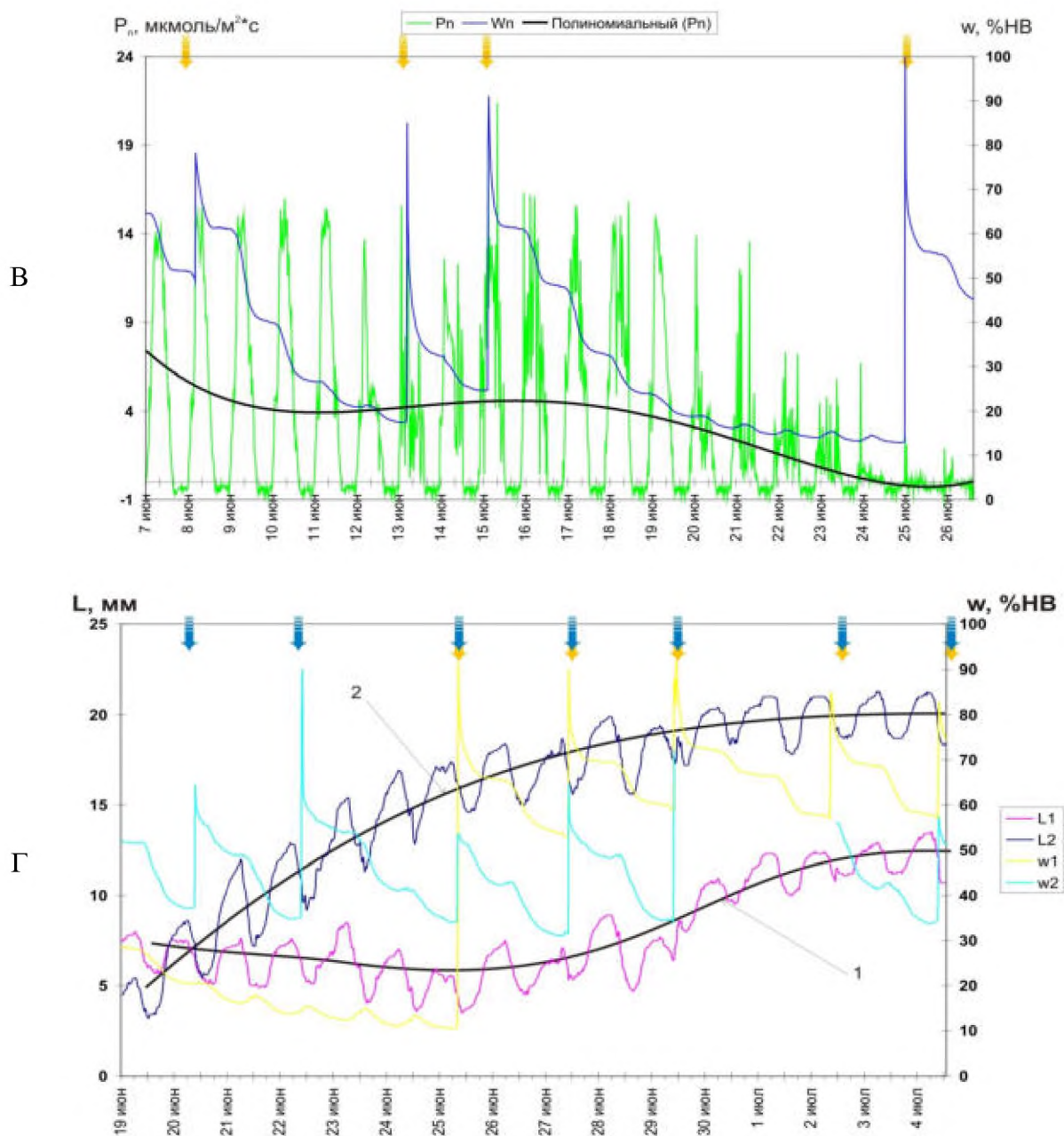


Рис. 3 Посуточная динамика изменения параметров *A. andrachne* и влажности почвы (W)
А: транспирации (E), диаметра побега (d), скорости ксилемного потока (Sf)
Б: разности температур листа ($T_{L1} - T_{L2}$)
В: нетто фотосинтеза (P_n)
Г: верхушечного роста (L)

↓ – полив опытного растения, ↓ – полив контрольного растения
 июнь–июль 2018 г.

Fig. 3 Daily dynamics of *A. andrachne* parameters and soil moisture (W)

A: transpiration (E), escape diameter (d), xylem flow rate (Sf)
B: sheet temperature differences ($T_{L1} - T_{L2}$)
C: net photosynthesis (P_n)
D: apical growth (L)

↓ – watering of the experimental plant, ↓ – watering of the control plant
 June–July 2018

На рис. 3 представлена посуточная динамика изменения параметров (см. выше) *A. andrachne* и влажности почвы ($W_{\text{п}}$).

В результате глубокой засухи (вторая волна), влажность почвы достигла $W_{\text{п}} = 15\text{--}13\%$ НВ, фотосинтез $P_{\text{п}}$ снижается практически до нуля (рис. 3А), а при $W_{\text{п}} \leq 13\%$ НВ листья начинают увядать. Транспирация сокращается до $E = 15\text{--}25$ мг/м²с, листья перегреваются (разность температур листа опытного и контрольного растений доходит в полуденные часы до $\Delta T_{\text{л}} = 10^{\circ}\text{C}$), диаметр побега сократился на $\Delta d = 1,1$ мм, что составляет 16% по сравнению с исходным значением толщины побега ($d = 7$ мм).

При длительной засухе прекращается верхушечный рост, падает тургор. При снижении влажности почвы до $W_{\text{п}} = 17\text{--}13\%$ НВ происходит перегрев листьев на $\Delta T_{\text{л}} = 5\text{--}10^{\circ}\text{C}$.

На рис. 3Б показано изменение разности температур листьев опытного и контрольного растений ($T_{\text{л1}} - T_{\text{л2}}$). При влажности почвы $W_{\text{п}} = 20\text{--}30\%$ НВ, различия в температурах листьев были в пределах $\pm 1 \div 3^{\circ}\text{C}$. При достижении влажности почвы ниже этих значений, опытное растение стало заметно перегреваться и разница температур в полуденные часы достигала 10°C . Тренд изменения разности температур листьев (1) имеет чёткий перегиб, в среднем, от 0°C до $+2,5^{\circ}\text{C}$.

На рис. 3В представлена суточная динамика изменения нетто фотосинтеза ($P_{\text{п}}$) опытного растения за время с 7.06.2018 по 26.06.2018 и реакция этого параметра на полив. После первой волны засухи восстановление исходных значений параметров, присущих режиму нормального функционирования растения, произошло уже на третьей сутки после полива 15.06.2018. Во время второй волны фотосинтетическая активность упала до нулевых значений. Листья потеряли тургор и увяли.

Характер развития точки роста у разных растений отличается. У земляничника мелкоплодного изменения показаний датчика верхушечного роста имеют гармонический вид (рис. 3Г) – почти синусоидальный. В условиях нормального увлажнения (контрольное растение) имеет место тренд постоянного роста (2). В условиях прогрессирующей почвенной засухи (опытное растение) ежесуточный прирост прекращается (тренд 1) и наступает выход на плато. Спустя 5 дней регулярных поливов тенденция верхушечного роста возобновилась. С 30.06.2018 по 4.07.2018 наблюдается тренд восстановившейся динамики прироста.

Анализ результатов измерений показывает, что под влиянием засухи фотосинтез, транспирация снижаются от оптимальных значений до низких, при влажности почвы порядка $W_{\text{п}} = 20\text{--}30\%$ НВ. При более глубоком снижении происходит дальнейшее угнетение фотосинтеза и транспирации вплоть до полного прекращения, когда влажность почвы становится $W_{\text{п}} \leq 13\%$ НВ, которая является критической. При глубокой засухе диаметр побега снижается на величину до 16% от исходного. При значениях влажности почвы до $W_{\text{п}} = 20\text{--}17\%$ НВ замедляется верхушечный рост, а при дальнейшем снижении вовсе прекращается.

Выводы

В результате исследований выявлены генетически обусловленные особенности *Arbutus andrachne* L. для поддержания оптимального в соответствии с условиями среды водного баланса. Найдены оптимумы исследуемых параметров: $W_{\text{п}} = 55\text{--}75\%$ НВ, $I = 1000\text{--}1200$ мкмоль/м²с, $P_{\text{п}} = 14\text{--}17,5$ мкмоль/м²с.

Изучена экофизиологическая реакция растений на водный дефицит, получена информация о влиянии интенсивности и длительности водного стресса.

В результате засухи фотосинтез снижается от $P_{\text{п}} = 14\text{--}17,5$ мкмоль/м²с при $W_{\text{п}} = 55\text{--}60\%$ НВ, $I = 1000\text{--}1200$ мкмоль/м²с до $P_{\text{п}} = 4\text{--}6,5$ мкмоль/м²с при $W_{\text{п}} = 13\text{--}17\%$ НВ, $I = 1000\text{--}1200$ мкмоль/м²с.

После глубокой засухи и двух поливов для восстановления исследуемых параметров до исходных значений потребовалось примерно четверо суток. Начало восстановления тургора после полива наступает через 1,5–2 ч.

A. andrachne обладает относительно высоким потенциалом фотосинтеза для акклиматизации к повышенной температуре. При температуре листа выше оптимальной, интенсивность фотосинтеза резко падает, и оптимальным её значением является $T_{\text{л}} = 28\text{--}30\text{ }^{\circ}\text{C}$.

При интродукции данного вида в разные регионы, результаты проведенных исследований позволяют сравнить полученные экофизиологические характеристики с климатическими условиями конкретного региона и оценить возможности его выращивания.

Литература / References

Анненков А.А., Иванов В.Ф., Хохрин А.В., Акимов Ю.А. Методические рекомендации по изыскательским работам для проектирования объектов озеленения в Крыму. Ялта, 1984. 26 с.

[Annenkov A.A., Ivanov V.F., Khokhrin A.V., Akimov Yu.A. Methodological recommendations on prospecting for the design of the planting sites in the Crimea. Yalta, 1984. 26 p.]

Губанова Т.Б. Оценка состояния растений *Arbutus andrachne* L. на территории природного заповедника "Мыс Мартыан" и арборетума Никитского ботанического сада после неблагоприятных зимних условий 2011–2012 гг. // Научные записки природного заповедника «Мыс Мартыан». 2013. № 4. С. 121.

[Gubanova T.B. Assessment of the state of plants *Arbutus andrachne* L. on the territory of the natural reserve "Cape Martyan" and the Arboretum of the Nikitsky Botanical Gardens after adverse winter conditions 2011–2012. // Scientific notes of the natural reserve "Cape Martyan". 2013. № 4. pp. 121.]

Дроздов С.Н., Курец В.К. Некоторые аспекты экологической физиологии растений. Петрозаводск: ПетрГУ, 2003. 172 с.

[Drozdov S.N., Kurets V.K. Some aspects of ecological physiology of plants. Petrozavodsk: Petrozavodsk State University, 2003. 172 p.]

Дроздов С.Н., Попов Э.Г., Курец В.К., Таланов А.В., Обшатко Л.А., Ветчинникова Л.В. Влияние света и температуры на нетто-фотосинтез и дыхание *Betula pendula* var. *pendula* и *Betula pendula* var. *carelica* (Betulaceae) // Ботанический журнал. 1995. Т. 80, № 3. С. 60–64.

[Drozdov S.N., Popov E.G., Kurets A.V., Talanov V.K., Obshadko L.A., Vetchinnikova L.V. Influence of light and temperature on net photosynthesis and respiration *Betula pendula* var. *pendula* and *Betula pendula* var. *carelica* (Betulaceae, represented by) // Botanical journal. 1995. Vol. 80, 3: 60–64.]

Ильницкий О.А., Плугатарь Ю.В., Корсакова С.П. Методология, приборная база и практика проведения фитомониторинга. – Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2018. 233 с.

[Ilitsky O.A., Plugatar Yu.V., Korsakova S.P. Methodology, instrument base and practice of phytomonitoring. Simferopol: ARIAL, 2018. 233 p.]

Кайбейäinen Э.Л., Пелконен П. Оптимизация фотосинтеза и транспирации у неотделенных листьев ивы на плантациях быстрого возобновления // Физиология растений. 2007. Т. 54. С. 350–355.

[Kaibeyäinen E.L., Pelkonen P. Optimization of the photosynthesis and of transpiration from attached leaves of willow plantations for rapid resumption. Plant Physiology. 2007. 54: 350–355.]

Коба В.П., Панельбу В.В., Сахно Т.М. Состояние и дендрометрические характеристики молодых растений *Arbutus andrachne* L. заповедника "Мыс Мартыян" // Вестник Нижневартковского государственного университета. 2018. № 3. С. 42–46.

[Koba V.P., Papelbu V.V., Sakhno T.M. State and dendrometric characteristics of young plants *Arbutus andrachne* L. in the reserve "Cape Martyan" // Bulletin of Nizhnevartovsk state University. 2018. № 3. P. 42–46.]

Мокронос А.Т. Онтогенетический аспект фотосинтеза. М.: Наука, 1981. 196 с.
[Mokronosov A.T. Ontogenetic aspect of photosynthesis. Moscow: Nauka, 1981. 196 p.]

Фалькова Т.В., Галушко Р.В., Лищук А.И., Захаренко Г.С., Крайнюк Е.С. Пластичность *Arbutus andrachne* (Ericaceae) в условиях засухи на Южном берегу Крыма // Украинский ботанический журнал. 2001. Т. 58. № 6. С. 700–706.

[Falkova T.V., Galushko R.V., Lischuk A.I., Zakharenko G.S., Kraynyuk E.S. Plasticity of *Arbutus andrachne* (Ericaceae) under drought conditions on the Southern coast of the Crimea. // Ukrainian Botanical journal. 2001, Vol. 58, № 6. P. 700–706.]

Шевченко С.В. Особенности репродуктивных процессов некоторых редких видов флоры Крыма. // В сборнике: Актуальные проблемы ботаники и охраны природы. Сборник научных статей Международной научно-практической конференции, посвященной 150-летию со дня рождения профессора Г.Ф. Морозова. Под редакцией С.Ф. Котова. 2017. С. 320–330.

[Shevchenko S.V. Features of reproductive processes of some rare species of flora of the Crimea. // In the collection: Actual problems of botany and nature protection. Collection of scientific articles of the International scientific and practical conference dedicated to the 150th anniversary of the birth of Professor G. F. Morozov. Edited by S. F. Kotov. 2017. pp. 320–330.]

Эггерс Е.В. Земляничное дерево в Крыму // Бюл. Никит. ботан. Сада. 1934. №14. С. 3–38.

[Eggers E.V. Strawberry tree in the Crimea // Byul. Nikit. Bot. Gard. 1934. № 14. P. 3–38.]

Karam F., Doulis A., Ozturk M., Dogan Y., Sakcali S. Eco-physiological behaviour of two woody oak species to combat desertification in the east Mediterranean-a case study from Lebanon. – Procedia Social and Behavioral Sciences. 19. (2011). pp. 787–796. doi:10.1016/j.sbspro.2011.05.197

Korner C., Sarris D., Christodoulakis D. Long-term increase in climatic dryness in the East-Mediterranean as evidenced for the island of Samos.–Reg Environ Change (2005) 5: 27–36 DOI 10.1007/s10113-004-0091-x

Larcher W. Physiological Plant Ecology: Ecophysiology and Stress Physiology of Functional Groups. Heidelberg: Springer-Verlag, 2003. 506 p.

Pligatar Y.V., Klymenko Z.K., Ulanovskaya I.V., Zykova V.K., Pligatar S.A. Prospects for the use of the Crimean flora resources in the floriculture // Acta Horticulturae. 2019. Vol. 1240. P. 65–68. DOI: 10.17660/ActaHortic.2019.1240.10

PTM-48A Photosynthesis Monitor // Phyto-Sensor Group. URL: <http://phyto-sensor.com/PTM-48A.en> (дата обращения: 22.02.2017).

Wickens G.E. Ecophysiology of economic plants in arid and semi-arid lands / Gerald E. Wickens. 1998. 348 p. DOI 10.1007/978-3-662-03700-3.

Статья поступила в редакцию 22.11.2019 г.

Gil A.T. Features of the ecophysiological reaction of *Arbutus andrachne* L. on the impact of deep soil drought in the conditions of the Southern coast of the Crimea // Plant Biology and Horticulture: theory, innovation. 2019. № 4(153). P. 37-48.

The ecophysiological response of *Arbutus andrachne* L. to the impact of deep soil drought was studied, optimum zones and thresholds of soil moisture, temperature and illumination limiting photosynthesis and transpiration of this species under the conditions of the Southern coast of the Crimea were determined. Genotypic features of *Arbutus andrachne* L. have been revealed to maintain optimal water balance in accordance with environmental conditions. The optima of the studied parameters were found: $W_s = 55-75\%$ FC, $I = 1000-1200 \mu\text{mol} / \text{m}^2\text{s}$, $P_n = 14-17, 5 \mu\text{mol} / \text{m}^2\text{s}$. The ecophysiological response of plants to water deficiency was studied, information on the influence of intensity and duration of water stress was obtained. Reducing soil moisture to 20–17% FC (the first wave of drought) leads to the oppression of the plant: photosynthesis is reduced to $P_n = 9-12, 5 \mu\text{mol} / \text{m}^2\text{s}$, transpiration to $E = 55-65 \text{ mg}/\text{m}^2\text{s}$, the leaves begin to overheat (the temperature difference between the leaf of the experimental and control plants in the midday hours is $\Delta T_1 = 2-4^\circ\text{C}$). After watering the plant quickly recovers. As a result of a deep drought (the second wave), when soil moisture has reached $W_s = 15-13\%$ FC, photosynthesis P_n is reduced to almost zero, and at $W_s \leq 13\%$ FC leaves wither. Transpiration is reduced to $E = 15-25 \text{ mg} / \text{m}^2\text{s}$, the leaves overheat (the temperature difference between the experimental and control plants reaches $\Delta T_1 = 10^\circ\text{C}$ in the afternoon hours), the diameter of the shoot was reduced by $\Delta d = 1.1 \text{ mm}$, which is 16% compared to the initial value of the shoot thickness.

With prolonged drought, apical growth stops, turgor falls. With a decrease in soil moisture to $W_s = 17-13\%$ FC, leaves overheat at $\Delta T_1 = 5-10^\circ\text{C}$ compared to the control plant, which is in normal humidification conditions.

A. andrachne has a relatively high photosynthetic potential for acclimatization to elevated temperatures. When the leaf temperature is above the optimum, the intensity of photosynthesis drops sharply, its optimal value is $T_1 = 28-30^\circ\text{C}$.

Keywords: *Arbutus andrachne* L.; intensity of visible photosynthesis; transpiration; phytomonitoring; ecological and physiological characteristics