



УДК 582.632.2:581.116

Водний обмін листя *Quercus robur* у протиерозійному насадженні на півдні ареалу виду

В.П. Бессонова, В.В. Ткач, А.П. Криворучко

Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет, Дніпропетровськ, Україна

Досліджено головні параметри водного обміну листків *Quercus robur* L., який зростає на схилі південної експозиції байраку Військовий в умовах різного водозабезпечення. Найбільша інтенсивність транспірації листків *Q. robur* виявлена в лісорослинних умовах SG_2 , найменша – SG_{1-0} . В усі строки досліджень найбільша амплітуда денних коливань інтенсивності транспірації спостерігається у листя рослин тальвегу, на інших дослідних ділянках межі значно менші. Найвищі показники транспірації реєструються у вересні, що пов'язано з високими температурами та пониженням відносної вологості повітря, порівняно з днями вимірювання у липні та травні. На початку вегетації кількість води в листках дерев, що зростають у середній і верхній частинах схилу, не відрізняється, але вона більша у рослин тальвегу. В наступні місяці різниця між вмістом води в листках дерев тальвегу та верхньої третини схилу збільшується. Листя дерев, які зростають за умов найгіршого водозабезпечення, характеризується найвищою водоутримувальною здатністю, що узгоджується з найбільшою кількістю в них гідрофільних колоїдів. Величини водного дефіциту у травні та липні перебувають у межах максимальних коливань для даного виду дерев, але на початку вересня в листків верхньої третини схилу вони перевищують максимальні значення.

Ключові слова: байрачний ліс; інтенсивність транспірації; водоутримувальна здатність; водний дефіцит

Water metabolism of leaves of *Quercus robur* in antierosion stands in the south of its range

V.P. Bessonova, V.V. Tkach, A.P. Kryvoruchko

Dnipropetrovsk State Agrarian-Economic University, Dnipropetrovsk, Ukraine

We have investigated the main parameters of water exchange in leaves of *Quercus robur* L. which grow on the south-facing slope of the Viyskoviy ravine in a variety of water supply conditions. We established that the greatest intensity of transpiration of leaves of *Q. robur* occurred in the forest vegetation conditions of SG_2 , the smallest in SG_{1-0} . In all study periods the largest amplitude of daily fluctuations in intensity of transpiration occurred in leaves of plants along the talweg, at other test sites the limits were much lower. The highest rates of transpiration were in September, which is connected with the high temperatures and lower relative air humidity compared with the days of measurement in July and May. We established that at the beginning of the growing season there was no difference in the total amount of water in the leaves of the trees that grow on the middle and upper parts of the slope, but that it was greater in plants along the talweg. In the following months the difference between the water content in the leaves of trees along the talweg and upper third of the slope increased. The leaves of trees that grow in the poorest conditions of water supply were characterized by the highest water-holding capacity, which is coordinated with their containing the highest content of hydrophilic colloids. The values for water deficit in May and in July fell within the maximum fluctuations for the species studied, but in early September they exceeded the maximum value in the leaves of trees on the upper third of the slope.

Keywords: ravine forest; intensity of transpiration; water-holding capacity; water deficit

Вступ

В умовах розчленованого рельєфу та малої лісистої у Північному Степу України байрачні ліси виконують важливі протиерозійні та рекреаційні функції. Основна лісотвіривна порода таких лісів – дуб звичайний (*Quercus robur* L.). Умови для його зростання на різних ділянках байрачного лісу можуть значно відрізнятися. Схили південної експозиції характеризуються більш вираженими процесами ерозії, різко відмінними мікрокліматичними умовами (вищі температури, гірше водозабезпечення), ніж схили північної експозиції (Belgard, 1950, 1971). Характерно, що у зв'язку зі зміною клімату та глобальним потеплінням почастишала негативна дія мікрокліматичних особливостей місцеперебування на рослини, зокрема, таких екстремальних чинників як високі температури літку, різкий їх перепад взимку, посуха, нерівномірність водозабезпечення. Умови зростання рослин погіршуються. Деякі дослідники вказують, що зі змінами екологічних чинників актуальними стають дослідження їх водного режиму (Bajura, 2011; Bowling, 2015). Питання водного обміну рослин як важливий аспект екофізіології успішно розробляється (Claus et al., 1995; Kjelgren and Montague, 1998; Wheeler and Stroock, 2008; Santesteban, 2009; Zaharia, 2009; Chastain et al., 2014; Andrianasolo et al., 2016). Особливе значення це має для такої лісотвірної культури як дуб звичайний.

Вивчення водообміну рослин дає можливість оцінити ступінь стійкості та пристосованості рослин до умов зростання, а також має суттєве значення для обґрунтування підвищення їх продуктивності та розрахунку середовищевірної ролі. Розуміння адаптивних механізмів за різних умов водозабезпечення допоможе зберегти генофонд дубових лісів, їх рослинний і тваринний світ (Fedorchenko and Brygadyrenko, 2008; Brygadyrenko, 2014, 2015). Визначення транспірації лісу дозволяє правильніше оцінити гідрологічну ефективність лісових насаджень і своєчасно здійснювати заходи зі збереження та підвищення їх гідрологічної ролі (Pjatnickij, 1970), водоохоронних якостей.

Водний режим *Q. robur* вивчала низка дослідників у різних умовах зростання. В.І. Образцова (Obrazcova, 1960) виявила, що літня транспірація дуба раннього на легких і супіщаних ґрунтах Степу України інтенсивніша, ніж на важких суглинках. Співставлення особливостей випаровування води у процесі транспірації дуба звичайного та ясена звичайного здійснили в різних лісорослинних умовах Південно-Східної України В.І. Образцова та Н.П. Коцюбинська (Obrazcova and Kocjubinskaja, 1976). Ю.Л. Целнікер (Celniker, 1955b) дослідила показники водного режиму дуба звичайного та ясена пухнастого в Деркульському Степу. Порівняння інтенсивності транспірації сіянців і саджанців дуба звичайного дібровного та суборевого походження показало переваги в умовах свіжого субору суборевого еко типу над дібровним (Grevcova, 1970). К.З. Зіятдінова зі співавторами (Zijatdinova et al., 2013) проаналізували вплив техногенного забруднення на водний обмін листків дуба звичайного в умовах м. Уфа, Н.Г. Нестерова та І.П. Григорюк (Nesterova and Grigorjuk, 2013) – вуличних насаджень м. Київ. Мета цієї статті – охарактеризувати показники водного обміну листків дуба звичайного, який зростає в умовах різного водозабезпечення байраку Військової.

Об'єкт дослідження – дуб звичайний (*Quercus robur* L.) природного походження, який зростає у байраку Військової Дніпропетровської області. Вік дерев – 15–20 років. Вивчення водного режиму здійснювали на трьох пробних ділянках. Пробна ділянка I розташована у тальвегу, II – у середній частині схилу південної експозиції, III – у верхній його третині.

У тальвегу байраку сформовано свіжі суглинисті делювіальні чорноземно-лучні ґрунти – СГ₂, на середній третині схилу – звичайний слабовилужений сухуватий суглинистий чорнозем СГ₁, ґрунт верхньої третини схилу представлений звичайним слабовилуженим сухуватим суглинистим чорноземом – СГ₁₋₀.

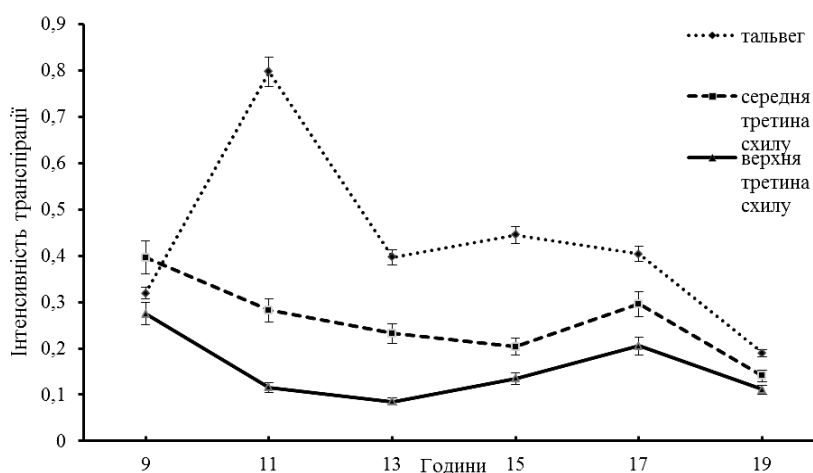
Проби для аналізів відбирали 17 травня, 12 липня та 6 вересня з південно-східної частини крони на висоті 2,0 м від поверхні ґрунту. Інтенсивність транспірації листків визначали методом їх швидкого зважування на електронних вагах ТВЕ–0,21–0,001, через 5 хвилин проводили повторне зважування. Кількість випарованої води розраховували на 1 г сиріої маси за годину. Кількість загальної води в листках визначали висушуванням рослинних зразків до постійної маси за температури 105 °С, і розраховували у відсотках до сиріої маси. Водоутримувальну здатність встановлювали методом «в'янення» за А.А. Арландом і характеризували за втратою води через 30, 60 і 120 хвилин, показники виражали у відсотках до початкового вмісту вологи у зразках (Arland, 1960). Післяпуденний дефіцит води у листках визначали за збільшенням ваги висічок після їх насичення водою (Bessonova, 2006).

Сушу вагу колоїдів встановлювали шляхом їх екстракції (Kushnirenko et al., 1970). Одночасно з відбором проб вимірювали температуру та вологість повітря електронним термогігрометром ТА–308.

Розраховували середнє арифметичне значення ознак і стандартну помилку (SE). Перевірку на нормальність розподілу проведено із розрахунком асиметрії та ексцесу. Для оцінки достовірності відмінності між вибірками застосовано критерій Стьюдента.

Результати та їх обговорення

Транспірація значною мірою відбиває стан водного режиму рослин у конкретних умовах (Slejcher, 1970; Cho et al., 1985; Chernyshev et al., 2006; Gorohova, 2011). Характер кривих денного ходу транспірації листків *Q. robur* на схилі південної експозиції байраку в різних лісорослинних умовах відрізняється. У рослин тальвегу денні коливання випаровування води значніші, із двома максимумами об 11 і 15 годинах (рис. 1). Крива ходу транспірації листків рослин у середній частині схилу розлогіша. Найбільші показники встановлені вранці (о 9-й годині) та увечері (о 17-й годині). Така сама закономірність добової зміни інтенсивності транспірації виявлена у рослин верхньої третини схилу. Проте показники випаровування вологи значно менші, ніж у середній частині схилу, особливо об 11, 13 і 15-й годинах – в 2,43, 2,72 і 1,50 раза відповідно. Найвищі значення транспірації – у листків рослин тальвегу, найменші – у рослин верхньої третини схилу.

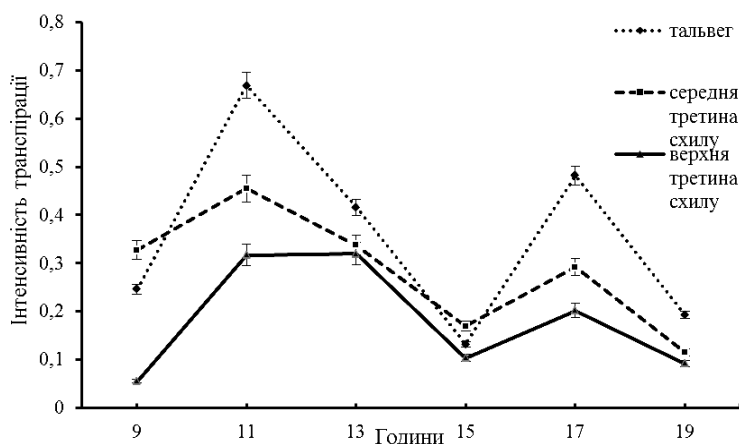


t, °C	20	20	25	26	25	22
Відносна вологість повітря, %	52	40	32	28	32	40

Рис. 1. Інтенсивність транспірації (г/г сирої маси за годину) листків *Q. robur* 17 травня

На рисунках 1–3 показано температуру та відносну вологість повітря на верхній і середній частині схилю. У тальвегу вологість повітря о 9-й годині на 7–15% нижча, а температура на 5–10 °C менша залежно від місяця відбору проб. У липні інтенсивність транспірації у листків рослин тальвегу, як і в травні, найбільша об 11-й годині (рис. 2). Потім вона знижується (в 3,15 раза) і знову

зростає о 17-й годині, але цей максимум менший, ніж перший. Отже, другий максимум порівняно з травнем зсувається на дві години пізніше. У середній частині схилю найвищі показники транспірації спостерігаються (як і в тальвегу) об 11-й годині, але пік зростання менший, ніж в умовах кращого водопостачання. О 15-й годині інтенсивність транспірації падає (в 2,27 раза), потім посилюється.



t, °C	22	24	26	28	25	20
Відносна вологість повітря, %	56	35	27	26	24	30

Рис. 2. Інтенсивність транспірації (г/г сирої маси за годину) листків *Q. robur* L. 12 липня

У верхній третині схилю значення транспірації листків виражаються меншими величинами, ніж у нижній і середній. У низці праць вказується, що погана водозабезпеченість рослин знижує транспірацію та продихову провідність стосовно рослин, добре забезпечених водою (Sikuku et al., 2010). Об 11-й та 13-й годинах її показники у листків дерев цього варіанта статистично не відрізняються, а о 15-й годині відбувається зниження випаровування.

У вересні у рослин *Q. robur*, які зростають у тальвегу (рис. 3), транспірація виражається одновершинною кривою. Найвища вона об 11-й годині, надалі значення поступово зменшуються, причому о 13-й годині вони залишаються на досить високому рівні. У середній і верхній третинах схилю зберігається така сама закономірність, але показники транспірації виражаються меншими цифрами, ніж у тальвегу (особливо у верхній третині).

Саме в цей місяць (об 11-й годині) встановлено найвищі показники транспірації стосовно інших строків дослідження, незважаючи на бездощову погоду та подальше зменшення запасів вологи у ґрунті.

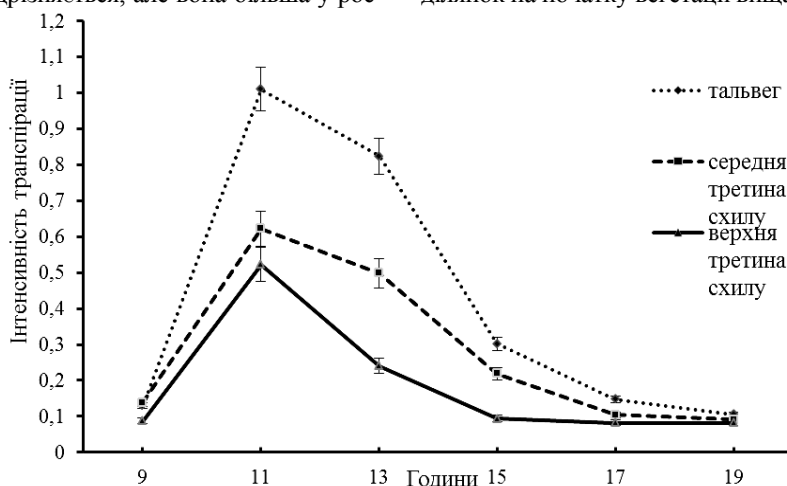
Всі місяці дослідження інтенсивність транспірації о 9-й годині у тальвегу нижча, ніж у середній частині схилю, незважаючи на кращу забезпеченість рослин водою. Це пов'язано з більшою вологістю атмосфери у цей час у тальвегу. Відомо, що існує зворотна кореляція між інтенсивністю транспірації та вологістю повітря (Lai et al., 1988).

Таким чином, за гірших умов водопостачання спостерігається економніша витрата води листками на транспірацію. Найінтенсивніша вона в дерев тальвегу, найбільший розбіг змін значень транспірації виявили у вересні. В усі строки досліджень найбільша амплітуда денних коливань інтенсивності транспірації спостеріга-

ється у листків рослин тальвегу, на інших дослідних ділянках межі значно менші.

Лісорослинні умови впливають на вміст води в листках *Q. robur* (табл. 1). На початку вегетації кількість води в листках дерев, які зростають у середній і верхній частинах схилу, не відрізняється, але вона більша у рос-

лин тальвегу. У наступні місяці різниця між вмістом води в листках дерев тальвегу та верхньої третини схилу збільшується, незважаючи на економішій режим витрат води у процесі транспірації останніми. Слід зазначити, що кількість води в листках рослин усіх дослідних ділянок на початку вегетації вища, ніж наприкінці.



t, °C	26	28	30	35	33	30
Відносна вологість повітря, %	54	32	26	24	23	29

Рис. 3. Інтенсивність транспірації (г/г сирої маси за годину) листків *Q. robur* 6 вересня

Динаміка вмісту води (% на сиру масу) в листках дуба звичайного протягом сезону вегетації (n = 25)

Таблиця 1

Ділянка	17 травня	t_d	12 липня	t_d	6 вересня	t_d
Тальвег	74,30 ± 0,80	–	70,35 ± 0,90	–	68,41 ± 0,62	–
Середня частина схилу	70,34 ± 0,71*	3,70	65,19 ± 0,65*	4,67	63,26 ± 0,93*	4,61
Верхня частина схилу	70,21 ± 0,62	0,14	60,26 ± 0,81*	4,75	58,18 ± 0,67*	4,43

Примітка: * – різниця між контрольним (талъвег) і дослідними (схил) варіантами статистично достовірна за $P < 0,05$; оцінювали різницю між вибірками за допомогою критерію Стюдента, після попереднього оцінювання нормальності розподілу.

Суттєвіше (порівняно із травнем) зниження вмісту води спостерігали в липні. У вересні зменшення її кількості стосовно липня менш значне. Аналогічні результати отримані під час вивчення змін кількості води в органах рослин *Vaccinium myrtillus* L. у процесі вегетації (Cybulko and Pazdrowski, 1985).

Зміни водоутримувальної здатності – інтегральний показник, що відображає підсумковий результат складних фізико-хімічних процесів, які відбуваються у цитоплазмі клітин, і тому вони можуть слугувати критерієм

стійкості рослин до несприятливих умов зростання (Pospelova, 1971). Порівняння водоутримувальної здатності листків дерев трьох пробних ділянок у травні свідчить, що найбільша вона у листків верхньої третини схилу, втрата води у відсотках від початкової маси найбільша у рослин тальвегу (табл. 2). Така закономірність виявлена як через 30 хвилин, так і через 60 або 120 хвилин досліді. Через 30 хвилин експозиції листки верхньої третини схилу втрачають в 2,12 раза менше води, ніж листки дерев тальвегу, через 2 години – у 2,05.

Водоутримувальна здатність (% втрати води від початкової маси) листків *Q. robur* (n = 25)

Таблиця 2

Варіант	Через 30 хв	t_d	Через 60 хв	t_d	Через 120 хв	t_d
17 травня						
Тальвег	8,69 ± 0,32	–	20,47 ± 0,90	–	36,25 ± 1,24	–
Середня третина схилу	6,25 ± 0,44*	4,48	14,48 ± 0,36*	6,18	25,64 ± 1,32*	5,86
Верхня третина схилу	4,09 ± 0,28*	4,14	11,91 ± 0,42*	4,65	17,64 ± 0,65*	5,44
12 липня						
Тальвег	8,20 ± 0,31	–	14,54 ± 0,36	–	19,37 ± 0,24	–
Середня третина схилу	6,35 ± 0,27*	4,50	10,21 ± 0,62*	6,04	15,37 ± 0,46*	7,71
Верхня третина схилу	4,53 ± 0,24*	5,04	7,2 ± 0,37*	4,17	12,52 ± 0,51*	4,15
6 вересня						
Тальвег	10,78 ± 0,40	–	25,60 ± 0,90	–	37,67 ± 1,24	–
Середня третина схилу	8,53 ± 0,31*	4,45	20,72 ± 0,71*	4,26	31,21 ± 1,12*	3,87
Верхня третина схилу	6,32 ± 0,27*	5,37	15,12 ± 0,62*	5,94	25,63 ± 0,58*	4,42

Примітки: див. табл. 1.

У липні водоутримувальна здатність листків *Q. robur*, якщо порівнювати втрату води через 60 і 120 хвилин, збільшується стосовно травня на всіх пробних ділянках, хоча за меншої експозиції (30 хвилин) різниці немає. Найбільша водоутримувальна здатність притаманна листкам рослин верхньої третини схилу, найменша – тальвегу (як і у травні).

У вересні водоутримувальна здатність листків рослин усіх дослідних ділянок суттєво падає відносно липня. Це може бути пов'язано зі старінням листків, зменшенням кількості гідрофільних колоїдів (табл. 3). Водоутримувальна здатність, як і у попередні місяці, найвища у листків рослин, які зростають в умовах найгіршого водозабезпечення.

Таблиця 3

Вміст гідрофільних колоїдів (мг/г сухої маси) у листках *Q. robur* (n = 25)

Варіант	17 травня	t_d	12 липня	t_d	6 вересня	t_d
Тальвег	30,22 ± 0,78	–	42,16 ± 0,66	–	35,71 ± 0,81	–
Середня частина схилу	36,81 ± 0,54*	6,95	48,79 ± 1,27*	4,63	42,54 ± 0,74*	6,22
Верхня частина схилу	41,34 ± 1,08*	3,75	58,21 ± 1,14*	5,52	49,72 ± 1,36*	4,64

Примітки: див. табл. 1.

Водоутримувальна здатність клітин листків певною мірою залежить від вмісту в них гідрофільних колоїдів (Kushnirenko et al., 1970; Bessonova et al., 1975), які володіють високою властивістю зв'язувати воду (Порова, 1971). Їх вміст найбільший у листках дерев верхньої третини схилу. Гідрофільні сполуки мають високу здатність міцно зв'язувати воду, таким чином запобігаючи зневодненню клітин. Це може бути результатом накопичення неекстрагованих і водорозчинних білків, вміст яких підвищується у процесі адаптації рослин до посухи (Genkel, 1946; Porova, 1971).

Один із важливих показників ступеня забезпечення рослин водою – водний дефіцит. Він добре корелює зі ступенем водозабезпеченості рослин (Kushnirenko, 1967; Kushnirenko et al., 1970; Zielinska, 1985), тому контроль за дефіцитом води в листках під час вивчення водного обміну та ступеня посухостійкості, безперечно, необхідний. Водний дефіцит спричиняє зниження ступеня поглинання води, інтенсивності транспірації, фотосинтезу, активності ферментних систем, процесів росту та розвитку (Harris, 1973; Singh et al., 1973; Watson and Wardlaw, 1981; Zielinska, 1985; Lang and Thorpe, 1986; Shmatko et al., 1989). На початку вегетації у травні показники водного дефіциту

у листків рослин тальвегу та середньої частини схилу статистично не відрізняються, у верхній третині схилу водний дефіцит достовірно менший, ніж у рослин тальвегу, можливо, через економне випарування води у процесі транспірації (табл. 4). У липні значення водного дефіциту листків рослин тальвегу та середньої третини схилу, як у травні, близькі, проте у верхній частині схилу цей показник стає більшим, ніж на початку вегетації, і перевищує його величину в листків рослин двох інших ділянок.

У вересні найвище значення водного дефіциту встановлено в листків рослин верхньої третини схилу. Незважаючи на краще забезпечення водою дерев тальвегу, значення водного дефіциту їх листків достатньо високе та співставиме з показниками у рослин середньої частини схилу. Це, певно, пояснюється більшими втратами води у процесі транспірації та меншою водоутримувальною здатністю. Ці рослини зростають в умовах кращого водозабезпечення (СГ₂) та поповнення вологи. Значення показника водного дефіциту більші, ніж у травні та липні у рослин усіх дослідних ділянок. І хоча в листків рослин верхньої третини схилу в цей період інтенсивність транспірації найнижча, водний дефіцит, як і у липні, найбільший через погану водозабезпеченість.

Таблиця 4

Водний дефіцит (% від початкової маси) листків *Q. robur* різних дослідних ділянок (n = 25)

Варіант	17 травня	t_d	12 липня	t_d	6 вересня	t_d
Тальвег	19,93 ± 0,50	–	19,82 ± 0,91	–	25,27 ± 1,06	–
Середня третина схилу	17,35 ± 1,20	1,98	18,47 ± 1,42	0,80	27,64 ± 0,94	1,67
Верхня третина схилу	15,87 ± 0,71	1,06	24,85 ± 0,68*	4,05	32,07 ± 1,12*	3,03

Примітки: див. табл. 1.

Згідно з Ю.Л. Цельнікер (Celniker, 1958), котра вивчала водний обмін у Деркульському Степу, оптимальний водний дефіцит для дуба звичайного становить 7,0–11,0%, максимальний – 21,0%. За даними Е.І. Дворецької (Dvovetskaja, 1951) в умовах темно-каштанової зони ґрунтів останній показник становить 17,9%, а за В.З. Гулісашвілі (Gulisashvili, 1938) – 23,0%. Наші дані у травні та липні перебувають у межах коливань максимальних показників, наведених у літературі, але на початку вересня показники водного дефіциту листків верхньої третини схилу перевищують значення максимального водного дефіциту, визначеного різними дослідниками, для інших географічних зон. У більшості видів деревних рослин значення водного дефіциту зазвичай коливається в межах

10–20%. Збільшення його до 40–50% спричинює загибель багатьох деревних рослин (Celniker, 1955a). Доти, доки вплив не переходить критичні норми адаптаційних можливостей живого організму, рослина продовжує більш або менш нормально функціонувати, протидіючи несприятливим факторам довкілля. Перехід їх за порогову величину викликає падіння водоутримувальних сил, результат чого – зниження водозабезпеченості тканин і депресивні явища в метаболізмі рослин (Pudrikova, 1971; Lang and Thorpe, 1986; Grinenko and Bondarev, 1988). Показники водного дефіциту дуба звичайного на всіх дослідних ділянках менші, ніж летальні (табл. 4).

Таким чином, дерева *Q. robur* в умовах ґрунтового зволоження СГ₁ й СГ₁₋₀ певною мірою адаптовані до

нестачі води. Їх листки характеризуються меншою інтенсивністю транспірації та більшою водоутримувальною здатністю порівняно з рослинами, які зростають в умовах достатнього зволоження (СГ₂). Один із факторів зменшення цих показників за умов нестачі води – зростання кількості гідрофільних колоїдів, що сприяє утриманню води клітинами. Але, незважаючи на такі адаптивні зміни рослин верхньої третини схилу, де ґрунтове зволоження найгірше, їх листки характеризуються найбільшим водним дефіцитом у літні та осінні місяці.

Отримані дані свідчать, що у рослин *Q. robur* на південному схилі байраку (у його середній і верхній частинах) складаються напружені умови водного обміну. В таких умовах основним завданням лісового господарства можна вважати максимальне збереження цих дубняків. Своєчасне проведення лісгосподарських заходів потребує оптимізації їх просторової структури для поліпшення мікроклімату. Рекомендуються заходи сприяння природному поновленню цих насаджень.

Висновки

Найбільша інтенсивність транспірації листків *Q. robur* виявлена в лісорослинних умовах СГ₂, найменша – СГ₁₋₀. В усі строки досліджень найбільша амплітуда денних коливань інтенсивності транспірації спостерігається в листків рослин тальвегу. На інших дослідних ділянках межі значно вужчі. Найвищі показники транспірації реєструються у вересні, що пов'язано з найвищими температурами та пониженням відносної вологості повітря, порівняно з днями вимірювання в липні та травні.

На початку вегетації кількість води в листках дерев *Q. robur*, які зростають у середній та верхній частинах схилу, не відрізняється, але вона більша у рослин тальвегу. У наступні місяці різниця між умістом води в листках дерев тальвегу та верхньої третини схилу дещо збільшується, незважаючи на економічне випаровування води у процесі транспірації в останніх. Під час вегетації кількість загальної води у листках рослин усіх дослідних ділянок зменшується.

Водоутримувальна здатність листків *Q. robur* на всіх дослідних ділянках зменшується протягом вегетації. Найбільша вона у рослин, які зростають у найгірших умовах водозабезпечення (верхня третина схилу), що узгоджується з найвищим умістом гідрофільних колоїдів у листках.

Значення водного дефіциту листків *Q. robur* у травні та липні перебувають у межах максимальних коливань цього показника, але на початку вересня вони перевищують значення максимального водного дефіциту, що свідчить про напруженість водного обміну в цей період.

Бібліографічні посилання

Andrianasolo, F.N., Casadebaig, P., Langlade, N., Debaeke, P., Maury, P., 2016. Effects of plant growth stage and leaf aging on the response of transpiration and photosynthesis to water deficit in sunflower. *Funct. Plant Biol.* 43(8), 45–56.
Arland, A.A., 1960. Ispol'zovanie fiziologicheskikh pokazatelej v sel'skom hozjajstve [The use of physiological indicators in agriculture]. *Fiziologija Rastenij* 7(2) (in Russian).

Bajura, O.M., 2011. Posuhostijkest' jasena zvyčajnogo (*Fraxinus excelsior* L.) ta jogo dekoratyvni formy v umovah pravoberezhnogo Lisostepu Ukrai'ny [Drought-resistance Ash (*Fraxinus excelsior* L.) and its decorative conditions of right-bank forest-steppe Ukraine]. *Naukovyj Visnyk NHTU Ukrai'ny* 21(1), 33–38 (in Ukrainian).
Belgard, A.L., 1950. Lesnaja rastitel'nost' Jugo-Vostoka USSR [Forest vegetation South-East SSR]. KGU, Kiev (in Russian).
Belgard, A.L., 1971. Stepnoe lesovedenie [Steppe forestry]. Lesnaja Promyshlenost', Moscow (in Russian).
Bessonova, V.P., 2006. Praktikum z fiziologii roslin [Workshop on plant physiology]. RVV DDAU, Dnipropetrovs'k (in Ukrainian).
Bessonova, V.P., Koritova, A.I., Mihajlov, O.R., 1975. Nekotorye osobennosti vodnogo rezhima akacii beloju, proizrastajushhej v raznyh uslovijah uvlazhnenija [Some features of the water regime of acacia growing in different moisture conditions]. *Voprosy Stepnogo Lesovedenija y Ohrany Prirody*. DGU, Dnepropetrovsk (in Russian).
Bowling, D., 2015. Tree transpiration from two forests in the Wasatch Mountains. The University of UTAH.
Brygadyrenko, V.V., 2014. Influence of moisture conditions on the structure of litter invertebrate communities in shelterbelt and plantation forests in Southern Ukraine. *Journal of Bio-Science* 22, 77–88.
Brygadyrenko, V.V., 2015. Community structure of litter invertebrates of forest belt ecosystems in the Ukrainian steppe zone. *Int. J. Environ. Res.* 9(4), 1183–1192.
Cel'niker, J.L., 1955b. Vodnyj rezhim list'ev duba i jasenja pushistogo v Derkul'skoj stepi i vlijanie na nego poliva [Water oak and ash leaves regime fluffy Derkul in the wilderness, and the effect on him of watering]. *Trudy Instituta Lesa. AN SSSR, Moscow*, 27, 29–45 (in Russian).
Cel'niker, J.L., 1955a. Skorost' poteri vody izolirovannymi list'jami drevesnyh porod i ustojchivost' ih k obezvozhivaniju [The rate of loss of water isolated leaves of trees and their resistance to dehydration]. *Trudy Instituta Lesa. AN SSSR, Moscow*, 27, 6–28 (in Russian).
Cel'niker, J.L., 1958. O pokazateljah vodnogo rezhima list'ev drevesnyh porod stepnoj zony [About indicators of water regime leaves of trees steppe zone]. *Trudy Instituta Lesa. AN SSSR, Moscow*, 16, 33–53 (in Russian).
Chastain, D.R., Snider, J.L., Collins, G.D., Perry, C.D., Whitaker, J., Byrd, S.A., 2014. Water deficit in field-grown *Gossypium hirsutum* primarily limits net photosynthesis by decreasing stomatal conductance, increasing photorespiration, and increasing the ratio of dark respiration to gross photosynthesis. *J. Plant Physiol.* 171(17), 1576–1585.
Chernyshev, V.D., Ivashhenko, E.A., Rezinkina, G.A., Titova, M.S., 2006. Sravnitel'nye pokazateli vodnogo rezhima rastenij dendrarija Gornotaetnoj stancii [Comparative indicators of water regime Arboretum Gornotaetnoj station plant]. *Biologicheskie Issledovanija na Gornotaeznoj Stancii, Vladivostok*, 10, 99–108 (in Russian).
Cho, T., Eguchi, H., Kuroda, M., Tanaka, A., Koutaki, M., Ng Ah, L., Matsui, T., 1985. Effect of soil water potential on transpiration rate in cucumber plants. *Biotronics* 14, 1–6.
Claus, S., Wernecke, P., Pigla, U., Dubsy, G., 1995. A dynamic model describing leaf temperature and transpiration of wheat plants. *Ecol. Model.* 81, 31–40.
Cybulko, T., Pazdrowski, W., 1985. Zmienosc zawartosci wody w organach nadziemnych borowski czarnej (*Vaccinium myrtillus* L.) w okresie wegetacyjnym. *Pr. Komis. Nauk. Rol. i Komis. Nauk. Les. PTPN* 60, 27–32.
Dvoreckaja, E.I., 1951. Nekotorye osobennosti vodnogo rezhima i uglevodnogo obmena drevesnoj i kustarnikovej rastitel'nosti v uslovijah temno-kashtanovoj zony pochv [Some features of the hydrological regime and carbohydrate metabolism tree and shrub vegetation in conditions of dark

- chestnut soil zone]. Tr. In-ta Fiziologii Rastenij im. K.A. Timirjazeva AN SSSR 7(2), 18–26 (in Russian).
- Fedorchenko, D.O., Brygadyrenko, V.V., 2008. Osoblyvosti formuvannia bagatovydovych ugrupovan' pidstylkovych bezchrebetnych tvaryn ostrova Khortitsa (Zaporiz'ka oblast') [Peculiarities of litter invertebrates' multispecies complexes formation on the Khortitsa island (Zaporizhzhya province)]. Visn. Dnipropetr. Univ. Ser. Biol. Ekol. 16(2), 178–185 (in Ukrainian).
- Genkel', P.A., 1946. Ustojchivost' rastenij k zasuhe i puti ee povyshenija [Resistance of plants to drought and ways of its improvement]. Trudy Instituta Fiziol. Rast. 5(1), 237 (in Russian).
- Gorohova, S.V., 2011. Intensivnost' transpiracii u nekotoryh predstavitelej roda *Corylus* L. [Transpiration activity of some members of the genus *Corylus* L.]. Nauchnye Vedomosti. S. Estestv. Nauki 98, 248–253 (in Russian).
- Grevcova, A.T., 1970. Intensivnost' transpiracii sejancev i sazhenec duba chereschatogo suborevogo i dubravnoho jekotipov [The transpiration activity of the seedlings and nurgelings of English oak suborevogo and oakwood ecotypes]. Voprosy Lesovodstva i Agromelioracii. Urozhaj, Kiev (in Russian).
- Grinenko, V.V., Bondarev, J.S., 1988. Vodouderzhivajushhaja sposobnost' tkanej rastenij vzavisimosti ot vodoobespechenosti [The water-holding capacity of plant tissue, depending on the water supply]. Vodnyj Rezhim Rastenij i ih Produktivnost'. Nauka, Moscow. P. 261–268 (in Russian).
- Gulisashvili, V.Z., 1938. K voprosu po zasuhoustojchivosti drevnyh i kustarnikovyh porod [To a question on the drought-resistance of trees and shrubs]. Tr. Tbilisskogo Bot. In-ta 3, 31–40 (in Russian).
- Harris, J.D., 1973. Photosynthesis, diffusion resistance and relative plant water content of cotton as influenced by induced water stress. Crop. Sci 15(5), 570–572.
- Kjelgren, R., Montague, T., 1998. Urban tree transpiration over turf and asphalt surfaces. Department of Plants, Soils and Biometeorology, Utah State University, Logan 32(1), 35–41.
- Kushnirenko, M.D., 1967. Vodnyj rezhim i zasuhoustojchivost' plodovih rastenij [Water regime and drought-resistance of fruit plants]. Karta Moldevenjaskje, Kishinev (in Russian).
- Kushnirenko, M.D., Goncharova, J.A., Bondar', E.M., 1970. Metody izuchenija vodnogo obmena i zasuhoustojchivosti plodovih rastenij [Methods of studying water metabolism and drought-resistance of fruit plants]. RIO AN Moldavskoj SSR, Kishinev (in Russian).
- Lai, S.-D., Lino, G.-G., Lin, W.-Y., 1988. The transpiration rate of abies georgei and the correlation with environmental factors. Acta Bot. Sin. 30(6), 639–643.
- Lang, A., Thorpe, M.R., 1986. Water potential, translocation and assimilate partitioning. J. Exp. Bot. 177, 495–503.
- Nesterova, N.G., Grigorjuk, I.P., 2013. Osoblyvosti vodnogo rezhimu derevnyh roslin v ekologichnih umovah m. Kyiv [Features water regime of woody plants in environmental conditions m. Kyiv]. Zbalansovane Prirodokoristuvannja 2–3, 89–95 (in Ukrainian).
- Obrazcova, V.I., 1960. O transpiracii i ovodnennosti list'ev drevnyh porod v razlichnyh tipah iskusstvennyh lesnyh nasadzenij v Stepi [About transpiration and water content of leaves of trees in different types of artificial forest in nasadzeny Barrens]. Iskusstvennyye Lesa Stepnoj Zony Ukrainy. HGU, Har'kov, 215–224 (in Russian).
- Obrazcova, V.I., Kocjubinskaja, N.P., 1976. Transpiracija duba chereschatogo i jasenja obyknovennogo v razlichnyh lesorasitel'nyh uslovijah [Transpiration English oak and European ash in various site conditions]. Voprosy Stepnogo Lesovedenija i Ohrany Prirody. DHU, Dnepropetrovsk (in Russian).
- Pjatnickij, S.S., 1970. Lesovodstvo i agrolesomelioracija [Forestry and agroforestry]. Urozhaj, Kiev (in Russian).
- Popova, E.A., 1971. Aktivnoe pogloshhenie vody i pronicaemost' kletok kornej hlochatnika dlja vody pri razlichnoj vodoobespechennosti i koncentracii pitatel'nogo rastvora [Active water absorption and permeability of the roots of cotton cells for water at different water availability and the concentration of the nutrient solution]. Sostojanie Vody i Vodnyj Obmen u Kul'turnih Rastenij. Nauka, Moscow (in Russian).
- Pospelova, J.S., 1971. Ispol'zovanie pokazatelja vodouderzhivajushhej sposobnosti tkanej dlja ocenki ustojchivosti sortov vinograda k izmeneniju prirodnyh faktorov [Using indicator water-holding capacity of tissues to assess the stability of the grapes to changing environmental factors]. Sostojanie vody i vodnyj obmen u kul'turnih rastenij. Nauka, Moscow (in Russian).
- Pudrikova, L.P., 1971. Izmenenie vodouderzhivajushhej sposobnosti tkanej vinogradnogo rastenija v period vegetacii [Change the water-holding capacity of grape plant tissue during the growing season]. Sostojanie vody i vodnyj obmen kul'turnih rastenij. Nauka, Moscow (in Russian).
- Santesteban, L.G., 2009. Effect of water deficit and rewatering on leaf gas exchange and transpiration decline of excised leaves of four grapevine (*Vitis vinifera* L.) 237 cultivars. Sci. Hortic. 121(4), 434–439.
- Shmat'ko, I.G., Grigorjuk, I.A., Shvedova, O.E., 1989. Ustojchivost' rastenij k vodnomu i temperaturnym stressam [Resistance of plants to water and temperature stress]. Naukova Dumka, Kiev (in Russian).
- Sikuku, P.A., Netondo, G.W., Onyango, J.C., Musyimi, D.M., 2010. Effects of water deficit on physiology and morphology of three varieties rainfed rice (*Oryza sativa* L.). ARPN Journal of Agricultural and Biological Science, 23–28.
- Singh, T.N., Paleg, L.G., Aspinall, D., 1973. Nitrogen metabolism and growth in the barley plant during water stress. Aust. S. Biol. Sci. 26(1), 46–46.
- Slejcher, R., 1970. Vodnyj rezhim rastenij [Water treatment plants]. Mir, Moscow (in Russian).
- Watson, B.T., Wardlaw, J.F., 1981. Metabolism and export of c-labeled photosynthate from waret-stressed leaves. Aust. J. Plant Physiol. 8(2), 143–153.
- Wheeler, T.D., Stroock, A.D., 2008. The transpiration of water at negative pressures in a synthetic tree. Nature 455, 208–212.
- Zaharia, A., 2009. Research regarding the mechanism of water retention and resistance to drought of *Sempervivum cultivars*. Bul. Univ. Agr. Sci. Vet. Med. Cluj-Napoca Hort. 66, 543–549.
- Zielinska, D., 1985. Metody okreslenia deficytu wodnego w tkankach roslin. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 294, 139–152.
- Zijatdinova, K.Z., Urazgil'din, R.V., Denisova, A.V., 2013. Vodnyj obmen list'ev duba chereschatogo (*Quercus robur* L.) v uslovijah tehnogennogo zagreznenija okruzhajushhej sredy [Water metabolism leaves of English oak (*Quercus robur* L.) in the conditions of muddy man-made environment]. Vestnik Cheljabinskogo Gosudarstvennogo Universiteta Biologija 298, 181–184 (in Russian).

Надійшла до редколегії 06.10.2016