

## ОСОБЛИВОСТІ СЕЗОННОЇ ДИНАМІКИ ВОДООБМІННИХ ПРОЦЕСІВ У ВИДІВ РОДУ *POPULUS* L. У ДЕНДРАРІЇ КРИВОРІЗЬКОГО БОТАНІЧНОГО САДУ

**Мета** — дослідити особливості водообмінних процесів в асиміляційному апараті тополь, інтродукованих у дендрарії Криворізького ботанічного саду НАН України.

**Матеріал та методи.** Об'єктом досліджень були зміни стану водного режиму (обводненість, водний дефіцит, водоутримувальна здатність) тополь, інтродукованих у дендрарії Криворізького ботанічного саду НАН України: *Populus italica* Du Roi, *P. deltoides* W. Bartram ex Marshall, *P. simonii* Carrière, *P. candicans* Aiton, *P. bolleana* Carrière. Залучені до експериментів види були представлені особинами другого класу віку (до 20 років). Визначення зв'язаної та вільної води в рослинному матеріалі проводили рефрактометричним методом за Н.А. Гусевим (1960). Загальну кількість води, водоутримувальну здатність і водний дефіцит асиміляційного апарату тополь визначали загальноприйнятими методами (Бессонова, 2006). У досліджах використовували листки рослин, відібрані із середньої частини крони південно-західної експозиції.

**Результати.** Загальна обводненість листків *P. bolleana* і *P. italica* у червні на 20—40 % перевищувала таку листків *P. deltoides*, *P. simonii* та *P. candicans*. У період з червня до вересня спостерігали зменшення обводненості досліджуваних видів тополь. Найбільше зниження загального вмісту води в листках тополь (на 15—20 %) порівняно з червнем відзначено у *P. deltoides*, *P. candicans* та *P. simonii*, які в межах природного ареалу (Північна Америка і Далекий Схід) зростають у зволожений місцях. Найменше загальна обводненість знизилася у середньоазійських видів *P. bolleana* і *P. italica* — до 10 %. У період з червня до серпня відбувалося зменшення вмісту вільної води та збільшення — зв'язаної. У *P. italica* і *P. bolleana* зв'язаної води було в 1,1—1,2 рази більше, ніж у *P. candicans*, *P. deltoides* та *P. simonii*, що свідчить про меншу пристосованість останніх до посухи. У серпні в усіх досліджуваних тополь показник водного дефіциту перевищував безпечно значення 10 % і становив 10,4—19,1 %. Найбільшим водний дефіцит був у тополь, які природно зростають у зволожений місцях з помірними температурами, — *P. simonii*, *P. candicans* і *P. deltoides* та у 2,0—2,5 рази перевищував показник на початку літа. У *P. bolleana* і *P. italica*, зазначений показник збільшився в середньому в 1,6 рази. Найбільші показники водоутримувальної здатності в тополь зафіксовано в червні. Вища водоутримувальна здатність листків у *P. bolleana* та *P. italica* дає їм змогу протистояти зневодненню за несприятливих умов і є показником їх адаптації до умов зростання.

**Висновок.** Найстійкіші до несприятливих умов зволоження — *P. bolleana* і *P. italica*, в яких співвідношення процесів водного обміну є оптимальним: високий показник обводненості тканин, низьке значення і тенденція до зниження денного водного дефіциту протягом вегетації, здатність до часткового відновлення обводненості тканин при послабленні дії стресового чинника.

**Ключові слова:** *Populus* L., інтродукція, погодно-кліматичні умови, водообмінні процеси, асиміляційний апарат, посухостійкість.

Здатність рослин чинити опір екстремальним умовам зростання, пристосовуватися до них і зберігати свій життєвий потенціал — одна з визначальних умов існування організму, яка залежить від можливості реалізувати захисно-пристосувальні механізми, тобто адаптуватися до різноманітних стресових впливів.

У степовій зоні України, а саме на Криворіжжі, проблемою стійкості рослинних культурфітоценозів є необхідність достатнього для життєдіяльності рослин водопостачання, яке визначається ступенем вологолюбності рослин та погодними умовами в період активної вегетації. У кількісному співвідношенні вода посідає домінуюче положення серед хімічних сполук. Її вміст у тканинах рослини становить

до 70—99 % від сирової маси [2]. Тому з'ясування потреби у необхідній кількості вологи залежно від температури і умов зволоження вегетаційного періоду має важливе значення для підтримання життєздатності рослин у посушливих умовах.

Одним з критеріїв функціонального стану рослин за умов гідротермічного стресу може бути показник обводненості тканин листя. Багатьма дослідниками загальна обводненість тканин використовується як важливий показник водообміну, з яким пов'язані інші фізіологічні процеси та біохімічні реакції в рослинних клітинах [3, 17].

Відомо, що тополі вибагливі до вологи, адже їх природними ареалами є вологі місцезростання [5]. При вирощуванні при інтродукції за межами природних ареалів вони опиняються в нових природних умовах. В умовах степового Придніпров'я тополі часто потерпають від нестачі вологи в ґрунті та повітрі: відбувається зниження їх росту, всихання окремих гілок або навіть цілих дерев, зниження плодоношення тощо. Водний обмін рослин має видоспецифічний характер. Так, у роботах І.О. Сенчишиної, І.О. Зайцевої, Л.Г. Долгової, Г.І. Пахомова, В.К. Безуглова встановлено як відмінності у показниках водного обміну в різних видів рослин в однакових умовах, так і їх схожість у рослин, які мають спільний ареал, але зростають у різних умовах [6—8, 12, 13].

Мета — дослідити особливості водообмінних процесів у асиміляційному апараті тополь, інтродукованих у дендрарії Криворізького ботанічного саду НАН України.

### Матеріал та методи

Дослідження проведено протягом одного вегетаційного періоду в різних за вологозабезпеченням умовах (табл. 1):

— нормального зволоження — з квітня до другої декади травня, коли кількість опадів була в межах середньобагаторічних даних;

— надмірного зволоження — із середини травня до кінця червня, коли кількість опадів перевищувала середньобагаторічні дані майже вдвічі;

— посухи — з липня до жовтня, коли кількість опадів була в 2—5 разів менша порівняно із середньобагаторічними даними, що призвело до засухи в період формування вегетативних органів тополь і не дало змоги рослинам без стресу ввійти в період спокою.

Об'єктом досліджень були зміни стану водного режиму (обводненість, водний дефіцит, водоутримувальна здатність) рослин, інтродукованих у дендрарії Криворізького ботанічного саду НАН України. Дослідження проводили на таких видах тополь: *Populus italica* Du Roi, *P. deltoides* W. Bartram ex Marshall, *P. simonii* Carrière, *P. candicans* Aiton, *P. bolleana* Carrière, які представлені особинами другого класу

Таблиця 1. Порівняння середніх метеорологічних показників за 2016 р. та середньобагаторічних даних за період активної вегетації рослин

Table 1. Comparison of average meteorological indicators (2016) and every data for the period of active vegetation of plants

Місяць	Середні метеорологічні показники за 2016 р.*		Середньобагаторічні показники **	
	Температура повітря, °С	Кількість опадів, мм	Температура повітря, °С	Кількість опадів, мм
Квітень	13,1	39,0	9,2	36,0
Травень	16,1	80,4	15,8	43,0
Червень	21,6	56,4	19,1	68,0
Липень	23,4	10,0	21,6	52,0
Серпень	23,4	14,2	21,0	47,0
Вересень	16,3	15,6	15,5	39,0
Жовтень	7,4	18,8	8,9	35,0

\* Дані метеостанції «Davis 6152C Vantage Pro2» Криворізького ботанічного саду; \*\* дані авіа-метеостанції Лозуватка (м. Кривий Пір) за 1980—2005 рр. [16]

віку (до 20 років), мають різне ботаніко-географічне походження, належать до різних секцій та відрізняються за стійкістю до природних умов степового регіону.

Моніторингова ділянка (дендрарій Криворізького ботанічного саду НАН України) розташована на території Тернівського району м. Кривий Ріг за межами санітарно-захисної зони Північного гірничо-збагачувального комбінату на відстані понад 5 км від джерела емісій та понад 20 км від джерела емісій Центрального гірничо-збагачувального комбінату.

Рельєф місцевості рівнинний. Ґрунти на моніторинговій ділянці належать до відділу природних ґрунтів і характеризуються як чорнозем звичайний, малогумусний, середньозмитий, важкосуглинистий на лесових материнських породах [14, 15].

Визначення зв'язаної та вільної води в рослинному матеріалі проводили рефрактометричним методом за Н.А. Гусевим [4]. Загальну кількість води, водоутримувальну здатність і водний дефіцит асиміляційного апарату тополь визначали загальноприйнятими методами [1]. У досліді використано листки рослин, відібрані із середньої частини крони південно-західної експозиції.

### Результати та обговорення

Одним з показників, які характеризують стан водного обміну рослини, є загальний вміст води в листках. Кількість води в листках досліджених видів тополь протягом вегетації була неоднаковою, в середньому — 49,9—78,9 %.

Найбільший вміст води відзначено в листках *P. bolleana* і *P. italica* у червні, який був вологим та помірно теплим (див. табл. 1). Так, загальна обводненість листків зазначених видів на 20—40 % перевищувала показники *P. deltoides*, *P. simonii* та *P. candicans* (табл. 2). В останніх загальний вміст води відрізнявся несуттєво і становив 56,3—63,4 %. Отримані результати узгоджуються з літературними даними. Так, у дослідженнях М.Д. Кушніренко виявлено, що на початку літа обводненість деревно-чагарникових рослин була найбільшою — 60—90 %, що пояснюється весняними опадами та відносно невисокими температурами повітря [10].

Наступні місяці були досить посушливими. Відбувалося зниження вологості ґрунту та повітря внаслідок накопичення суми позитивних температур (див. табл. 1). Тому в період з червня до вересня спостерігали зниження обводненості досліджуваних видів тополь. Найнижчий вміст води в листках — від 45,5 до 72,6 % зафіксовано у вересні, що узгоджується з літературними даними. У серпні в міру старіння листків цей показник знижувався на 15—30 % [11].

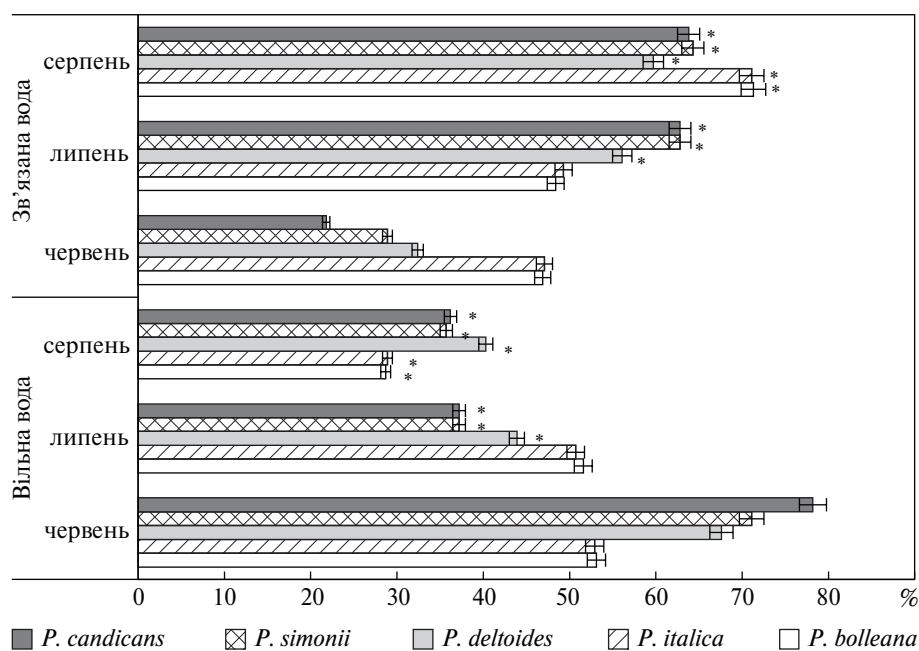
Найбільше зниження загального вмісту води в листках тополь (на 15—20 %) порівняно з червнем відзначено в *P. deltoides*, *P. simonii* та *P. candicans*, які природно зростають у зволоженіших місцях (Північна Америка і Далекий Схід), тоді як у середньоазійських видів *P. bolleana* та *P. italica* цей показник зменшився до 10 % (див. табл. 2).

Отже, для досліджених видів тополь характерна висока обводненість тканин листа про-

Таблиця 2. Загальна обводненість листків видів роду *Populus* L.

Table 2. General water content in leaves of the genus *Populus* L. species

Вид	Вміст води, %							
	Червень		Липень		Серпень		Вересень	
	М ± m	Сv, %	М ± m	Сv, %	М ± m	Сv, %	М ± m	Сv, %
<i>P. deltoides</i>	59,30 ± 0,92	4,52	51,00 ± 2,25	11,26	50,40 ± 1,82	9,36	49,90 ± 2,39	14,36
<i>P. italica</i>	78,90 ± 0,87	3,79	74,70 ± 0,58	2,59	73,00 ± 0,59	2,82	72,60 ± 0,46	2,18
<i>P. bolleana</i>	75,90 ± 0,52	2,36	71,00 ± 1,27	6,05	70,30 ± 0,95	4,72	69,50 ± 1,03	5,39
<i>P. simonii</i>	63,40 ± 1,38	6,52	55,30 ± 3,00	14,47	54,50 ± 1,56	7,60	53,10 ± 2,01	11,16
<i>P. candicans</i>	56,30 ± 0,72	3,83	48,50 ± 0,97	4,72	46,90 ± 0,80	4,09	45,50 ± 0,86	4,59



Вміст вільної та зв'язної води в листках видів роду *Populus L.* влітку: \* — статистично значуща ( $p \leq 0,05$ ) відмінність щодо показника в червні

Content of free water and bound water in leaves of the genus *Populus L.* species in the summer: \* — statistically significant difference ( $p \leq 0.05$ ) as for June

тягом вегетаційного періоду. Кількість води в листках тополь збільшується з червня до середини липня, а потім знижується до кінця вересня. Поступове зниження загального вмісту води на 8,1—18,6 % протягом вегетаційного періоду спричинене браком вологи в ґрунті та високими температурами повітря влітку. Менша втрата води в період з червня до вересня в *P. bolleana* і *P. italica* свідчить про їх більшу посухостійкість, порівняно з *P. deltoides*, *P. simonii* та *P. candicans*.

Згідно із сучасними уявленнями, певну роль у стійкості рослин до посухи відіграє ступінь впорядкованості води, а також її фракційний склад. Кількість вільної та зв'язаної води в рослинах характеризує метаболічну активність та водоутримувальну здатність тканин. Вміст вільної води в листках тополь змінювався протягом вегетації. Найвищий вміст фракції води в листках тополь зафіксовано в червні. Перше місце за цим показником посів *P. candicans* (78,2 %), останнє — *P. italica* (52,9 %) (рисунок).

Протягом вегетації кількість вільної води в листках тополь зменшувалася. У липні в *P. simonii* та *P. candicans* внаслідок суттєвої посухи цей показник зменшився до 37,2 % і в середньому був удвічі меншим, ніж у червні, тоді як у *P. italica* і *P. bolleana* статистично значущо не відрізнявся від показника в червні.

У період з липня до серпня спостерігали подальше зменшення вмісту вільної води в листках усіх досліджених видів тополь. У північно-американських видів *P. candicans* і *P. deltoides* та далекосхідного виду *P. simonii* цей показник зменшувався на 5—10 %, тоді як у середньоазійських видів *P. italica* і *P. bolleana* — в 1,8 разу (див. рисунок). Загалом влітку максимальне зменшення цього показника зафіксували в *P. italica* і *P. bolleana* — в середньому вдвічі, тоді як у решти видів — лише в 1,2 разу (див. рисунок).

Отже, мінімальні показники вмісту вільної води в листках тополь відзначено в серпні, що узгоджується з настанням посушливого пері-

оду наприкінці літа та наявністю високих температур повітря (див. табл. 1).

Зв'язана вода утворює стабільніший запас у рослинах та має важливе значення для посухостійкості [9]. У червні її вміст у листках тополь був нижчим, ніж вільної води. Так, у *P. candicans*, *P. deltoides* і *P. simonii* вміст вільної води перевищував кількість зв'язаної на 32—72 %, тоді як у *P. italica* та *P. bolleana* — на 12 % (див. рисунок).

Аналіз динаміки вмісту зв'язаної води в листках досліджених видів тополь протягом вегетації виявив протилежний напрям змін порівняно з вмістом вільної води. Так, якщо з червня до серпня кількість вільної води зменшувалась, то зв'язаної — збільшувалась. Найбільший вміст останньої в листках тополь відзначено в серпні, коли значно зменшилася кількість опадів та суттєво підвищилася температура повітря. Можливо, через це в листках тополь відбулося швидке суттєве збільшення кількості зв'язаної води, що перешкоджало втраті води тканинами листка в цілому.

У липні вміст зв'язаної води становив у середньому 55,9 %. Найбільшим цей показник був у *P. candicans* і *P. simonii* (62,8 %), найменшим (48,4 %) — у *P. bolleana*. У період з липня до серпня спостерігали збільшення вмісту зв'язаної води. Так, у серпні цей показник становив 59,7—71,3 %, що значно перевищувало вміст вільної води. Можна припустити, що тополі за рахунок вищого вмісту зв'язаної води можуть забезпечувати стабільність перебігу фізіологічних процесів тривалий час. Унаслідок

посилення гідролітичних реакцій осмотичний тиск клітинного соку значно підвищується, збільшується смоктальна сила та водоутримувальна здатність, що спричиняє перехід значної частини води у зв'язану форму.

У середньоазійських видів вміст зв'язаної води в 1,1—1,2 разу перевищував показники північноамериканських і далекосхідного видів, що свідчить про меншу пристосованість останніх до посухи (див. рисунок).

Таким чином, встановлено, що в період з червня до серпня відбувалося зменшення вмісту вільної води та збільшення — зв'язаної. Вміст зв'язаної води в листках тополь є стабільнішою ознакою водного режиму, яка забезпечує більшу стійкість *P. italica* і *P. bolleana*, порівняно з *P. candicans*, *P. deltoides* та *P. simonii* в умовах значного дефіциту води.

Ще один важливий показник водного режиму рослин — дефіцит води в листках. Зазвичай водний дефіцит становить 5—10 %, що є нормальним фізіологічним явищем. Водний дефіцит тополь протягом періоду вегетації змінювався, що пов'язане з погоднокліматичними умовами. На початку вегетації водний дефіцит був у межах, які вважають припустимими. У червні тополі не зазнавали дефіциту вологи завдяки сприятливим гідротермічним умовам. Величина цього показника становила 5,2—9,1 %. З настанням посушливого періоду водний дефіцит збільшився в усіх видів — від 7,1 до 12,9 %, що на 5,1—38,1 % перевищувало показник у червні (табл. 3). Найсуттєвіше посилювався водний дефіцит у *P. deltoides* і *P. simonii* — на 38 та 32 %

Таблиця 3. Водний дефіцит листків видів роду *Populus* L. різного ботаніко-географічного походження

Table 3. Water deficit of leaves of the genus *Populus* L. species of different botanical and geographical origin

Вид	Водний дефіцит, %					
	Червень		Липень		Серпень	
	М ± m	Сv, %	М ± m	Сv, %	М ± m	Сv, %
<i>P. bolleana</i>	6,20 ± 0,41	11,5	7,20 ± 0,08	7,2	10,40 ± 0,10	1,5
<i>P. italica</i>	6,80 ± 0,20	5,2	7,10 ± 0,48	11,8	10,50 ± 0,82	13,1
<i>P. deltoides</i>	9,10 ± 0,52	15,8	12,90 ± 0,46	2,4	17,80 ± 0,37	6,9
<i>P. simonii</i>	8,40 ± 0,18	4,3	11,10 ± 0,54	9,7	19,10 ± 0,50	5,2
<i>P. candicans</i>	7,40 ± 0,24	6,6	9,50 ± 0,27	5,7	18,50 ± 0,91	9,9

відповідно. Лише в *P. italica* цей показник підвищився на 5 %. У серпні в усіх досліджуваних видів водний дефіцит перевищував безпечне значення 10 % і становив 10,4—19,1 %. Найбільшим цей показник був у тополь, які природно зростають у зволоженіших місцях з помірними температурами (*P. simonii*, *P. candicans* і *P. deltoides*), та у 2,0—2,5 рази перевищував показник на початку літа (див. табл. 3).

Найменшим водний дефіцит протягом вегетації був у *P. bolleana* і *P. italica*, в яких цей показник збільшувався в середньому в 1,6 рази. Для зазначених видів високі температури та літня посуха не є екстремальними умовами зростання.

Водний дефіцит пов'язаний з водоутримувальною здатністю рослин, яка є основним показником посухостійкості та відіграє провідну роль у регуляції водного обміну: що меншим є водний дефіцит, то більшою є водоутримувальна здатність [3].

У червні в досліджуваних видів втрата води через 30 хв експозиції становила 1,8—2,2 %. Відмінність за цим показником між видами

була незначною. Дещо більше втрачали воду листки *P. candicans* — 2,2 % (табл. 4). За тривалішої експозиції відзначено аналогічну тенденцію до втрати води листками. Здатність листків утримувати вологу змінювалася протягом вегетації. Так, у липні за підвищення температури повітря і недостатнього зволоження зафіксували зниження водоутримувальної здатності в усіх видів до 7,5—10,6 %. Найбільше втрачали воду через 30 хв експозиції листки *P. candicans* (10,6 %), найменше — *P. bolleana* (4,7 %), листки решти видів — 7,5—9,8 %. Аналогічну закономірність встановлено через 60 хв експозиції: найбільша втрата води (18,7 %) — *P. candicans*, найменша (8,1 %) — у *P. bolleana*. Серпень за гідротермічними умовами був складним, тому в листків тополь спостерігали ще більшу втрату води. Найменшу водоутримувальну здатність — у *P. candicans*, який втрачав 19,3 % води через 60 хв експозиції, а найбільшу — у *P. bolleana* (10,1 %), у решти видів — 13,4—18,1 % (див. табл. 4).

Аналогічні закономірності зафіксували в інші місяці. Так, у *P. bolleana* і *P. italica* в період

Таблиця 4. Водоутримувальна здатність листків видів роду *Populus L.* різного ботаніко-географічного походження ( $M \pm m$ )

Table 4. Water-holding capacity of leaves of the genus *Populus L.* species of different botanical and geographical origin ( $M \pm m$ )

Вид	Місяць	Експозиція, хв					
		30	60	90	120	180	Доба
Кількість втраченої води тканинами листків, %							
<i>P. bolleana</i>	Червень	1,90 ± 0,01	2,90 ± 0,02	3,90 ± 0,02	5,10 ± 0,03	6,40 ± 0,03	28,70 ± 0,32
	Липень	4,70 ± 0,04	8,10 ± 0,07	11,40 ± 0,10	16,60 ± 0,14	21,90 ± 0,19	52,90 ± 0,77
	Серпень	6,80 ± 0,04	10,10 ± 0,06	12,90 ± 0,08	15,60 ± 0,10	20,50 ± 0,13	49,40 ± 0,60
<i>P. italica</i>	Червень	1,80 ± 0,01	3,90 ± 0,03	5,00 ± 0,02	6,20 ± 0,02	8,50 ± 0,04	31,50 ± 0,40
	Липень	7,50 ± 0,11	13,40 ± 0,18	18,80 ± 0,26	27,10 ± 0,38	35,50 ± 0,50	55,40 ± 1,67
	Серпень	9,00 ± 0,12	14,90 ± 0,21	19,10 ± 0,26	23,60 ± 0,32	22,30 ± 0,45	51,90 ± 1,29
<i>P. deltoides</i>	Червень	2,00 ± 0,01	3,10 ± 0,01	4,40 ± 0,02	5,50 ± 0,02	8,10 ± 0,03	32,80 ± 0,23
	Липень	9,20 ± 0,09	16,40 ± 0,17	23,70 ± 0,25	34,00 ± 0,36	43,70 ± 0,46	57,40 ± 0,97
	Серпень	9,10 ± 0,07	18,10 ± 0,13	24,40 ± 0,18	31,00 ± 0,22	41,30 ± 0,30	53,80 ± 0,69
<i>P. simonii</i>	Червень	2,00 ± 0,01	3,50 ± 0,02	4,90 ± 0,03	6,20 ± 0,04	8,80 ± 0,08	32,30 ± 0,60
	Липень	9,80 ± 0,23	18,20 ± 0,42	25,70 ± 0,58	36,70 ± 0,84	44,60 ± 1,02	57,40 ± 2,27
	Серпень	6,90 ± 0,13	13,40 ± 0,25	17,90 ± 0,33	22,60 ± 0,41	30,90 ± 0,56	52,90 ± 1,12
<i>P. candicans</i>	Червень	2,20 ± 0,01	3,40 ± 0,02	4,70 ± 0,03	6,40 ± 0,04	9,30 ± 0,06	31,90 ± 0,20
	Липень	10,60 ± 0,24	18,70 ± 0,42	26,00 ± 0,56	35,80 ± 0,78	43,00 ± 0,95	60,90 ± 0,63
	Серпень	12,80 ± 0,25	19,30 ± 0,37	24,50 ± 0,46	29,10 ± 0,55	36,40 ± 0,69	58,00 ± 0,52

посухи (серпень) через 180 хв експозиції втрата води була в 1,5—2,0 рази меншою, ніж у *P. candicans*, *P. deltoides* та *P. simonii* (див. табл. 4). Після завершення досліду через 24 год тенденції щодо втрати води листям збереглися.

Отже, найбільші значення водоутримувальної здатності в тополь зафіксовано в червні. У липні та серпні цей показник зменшився в усіх досліджуваних тополь. Види дещо відрізнялися за величиною втрати води, що зумовлено особливостями їх біології. Висока водоутримувальна здатність листків тополь забезпечує відновлення вмісту води при зневодненні та підвищує їх стійкість при зміні екологічних умов, зокрема водного режиму ґрунту. Вища водоутримувальна здатність листків у середньоазійських видів *P. bolleana* та *P. italica* дає їм змогу протистояти зневодненню за несприятливих умов і є показником їх адаптації до умов зростання.

### Висновки

За результатами досліджень водного режиму видів роду *Populus* можна зробити висновок про провідну роль динамічних характеристик водного балансу в оцінці стійкості рослин до посухи.

Найстійкішими до несприятливих умов зволоження були *P. bolleana* і *P. italica*, в яких співвідношення процесів водного обміну є оптимальним: вищий показник обводненості тканин, низьке значення і тенденція до зниження денного водного дефіциту протягом вегетації, здатність до часткового відновлення обводненості тканин при послабленні дії стресового чинника.

У період з червня до серпня у досліджуваних видів зменшувався вміст вільної води та збільшувався — зв'язаної. Вміст зв'язаної води в листках тополь є стабільнішою ознакою водного режиму та забезпечує в умовах значного дефіциту води більшу стійкість середньоазійських видів *P. italica* і *P. bolleana* порівняно з північноамериканськими видами *P. candicans* і *P. deltoides* та далекосхідним видом *P. simonii*. Так, за абсолютними значеннями кіль-

кість зв'язаної води в *P. italica* і *P. bolleana* на 10—20 % перевищувала аналогічні показники *P. candicans*, *P. deltoides* та *P. simonii*.

Малостійкими виявилися *P. candicans*, *P. deltoides* і *P. simonii*, які природно зростають у місцях з м'якішим зволуженим кліматом (Далекий Схід, Північно-Східна Азія, південно-західні та східні райони Північної Америки). Висока стійкість до посухи *P. bolleana* і *P. italica* — видів, котрі природно зростають у місцях з континентальними умовами (північно-західний Китай, Середня Азія), вказує на перспективність інтродукційного використання дендрологічних ресурсів цих районів в умовах степового Придніпров'я.

### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Бессонова В.П. Практикум з фізіології рослин / В.П. Бессонова. — Дніпропетровськ: РВВ ДДАУ, 2006. — 316 с.
2. Водный обмен растений / В.Н. Жолкевич, Н.А. Гусев, А.В. Капля и др. — М.: Наука, 1989. — 256 с.
3. Генкель П.А. Физиология жаро- и засухоустойчивости растений / Л.А. Генкель. — М.: Наука, 1982. — 279 с.
4. Гусев Н.А. Некоторые методы исследования водного режима растений. — Л.: Всесоюз. ботан. о-во, 1960. — 60 с.
5. Дендрофлора України. Дикорослі й культивовані дерева і кущі. Покритонасінні. Частина 1. Довідник / Кохно М.А., Пархоменко Л.І., Зарубенко А.У. та ін.; За ред. М.А. Кохна та Н.М. Трофименко. — К.: Фітоцентр, 2002. — С. 337—350.
6. Зайцева И.А. Динамика водообменных процессов видов рода *Acer* L. в связи с их засухоустойчивостью / И.А. Зайцева // Вестн. ДНУ. Сер. Биол. Экол. — 2004. — Вып. 12. — С. 54—61.
7. Зайцева И.А. Водный баланс растений семейства *Saxifragaceae* Juss. в условиях Степного Приднпровья / И.А. Зайцева // Вестн. ДНУ Сер.: Биол. Экол. — 2006. — Вып. 14, т. 2. — С. 72—78.
8. Зайцева И.О. Физиолого-биохимичні основи інтродукції деревних рослин у Степовому Придніпров'ї: монографія / І.О. Зайцева, Л.Г. Долгова. — Дніпропетровськ: Вид-во Дніпропетров. нац. ун-ту, 2010. — 388 с.
9. Костюченко Р.Н. Водный обмен некоторых представителей рода *Salix* в условиях Среднего Приобья / Р.Н. Костюченко // Науч. тр. аспирантов и соискателей Нижневартговского гос. гуманит. ун-та. — Вып. 5. — Нижневартговск: Изд-во Нижневартгов. гуманит. ун-та, 2008. — С. 143—155.

10. Кушниренко М.Д. Водный режим и засухоустойчивость плодовых растений / М.Д. Кушниренко. — Кишинев: Штиинца, 1967. — 331 с.
  11. Кушниренко М.Д. Физиология водообмена и засухоустойчивости растений / М.Д. Кушниренко, С.Н. Печерская. — Кишинев: Штиинца, 1991. — 307 с.
  12. Пахомов Г.И. Водный режим растений / Г.И. Пахомов, В.К. Безуглов. — Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1980. — 252 с.
  13. Сенчишина І.О. Характеристика водного обміну у представників роду *Acer L.* / І.О. Сенчишина // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. біологічна. — 2005. — Вип. 40. — С. 166—173.
  14. Сметана О.М. Біогеоценологічний покрив ландшафтно-техногенних систем Кривбасу / О.М. Сметана, В.В. Перерва. — Кривий Ріг: Видавничий дім, 2007. — 247 с.
  15. Тихоненко Д.Г. До питання про класифікацію ґрунтів України / Д.Г. Тихоненко // Грунтознавство. — 2001. — Т. 1, № 1-2. — С. 16—22.
  16. Федоровский В.Д. Древесные растения Криворожского ботанического сада (итоги за 25 лет) / В.Д. Федоровский, А.Е. Мазур. — Днепропетровск: Проспект, 2007. — С. 159—183.
  17. Шматько И.Г. Устойчивость растений к водному и температурному стрессам / И.Г. Шматько, И.А. Григорюк, О.Е. Шведова. — К.: Наук. думка, 1989. — 224 с.
- Рекомендував О.М. Горелов  
Надійшла 15.01.2018
- #### REFERENCES
1. Bessonova, V.P. (2006), Praktikum z fiziologii roslin [Workshop on plant physiology]. Dnipropetrovsk, RVV DDAU, 316 p.
  2. Zholkevych, V.N., Gusev, N.A., Kaplja, A.V., Pahomova, G.I., Pilycikova, N.V., Samuilov, F.D., Slavnyj, P.S. and Shmatko, I.G. (1989), Vodnyj obmen rastenij [Water exchange of plants]. Moscow: Nauka, 256 p.
  3. Genkel, P.A. (1982), Fiziologija zharo- i zasuhoustojchivosti rastenij [Physiology of heat and drought tolerance of plants]. Moscow: Nauka, 279 p.
  4. Gusev, N.A. (1960), Nekotorye metody issledovanija vodnogo rezhima rastenij [Some methods of studying the water regime of plants]. Leningrad: Vsesojuz. botan. o-vo, 60 p.
  5. Kohno, M.A., Parhomenko, L.I., Zarubenko, A.U. ta in. (2002), Dendroflora Ukrainy. Dykorosli j kulturyovani dereva i kushhi. Pokrytonasinni. Dovidnyk [Dendroflora of Ukraine. Wild and cultivated trees and shrubs. Angiosperms. Reference book]. Part 1. Kyiv: Fitosociocentr, pp. 337—350.
  6. Zajceva, I.A. (2004), Dinamika vodoobmennyh processov vidov roda *Acer L.* v svjazi s ih zasuhoustojchivostju [Dynamics of water-exchange processes of species of the genus *Acer L.* due to their drought resistance]. Vestnik DNU. Serija Biologija. Jekologija [Herald DNU Series Biology. Ecology], vyp. 12, pp. 54—61.
  7. Zajceva, I.A. (2006), Vodnyj balans rastenij semejstva *Saxifragaceae* Juss. v uslovijah Stepnogo Pridneprovja [Water balance of plants of the family *Saxifragaceae* Juss. in the conditions of the Steppe Dnieper]. Vestnik DNU Serija: Biologija. Jekologija. [Herald DNU. Series Biology. Ecology], vyp. 14, pp. 72—78.
  8. Zajceva, I.O. and Dolgova, L.G. (2010), Fiziologo-biohimichni osnovy introdukcii derevnyh roslin u Stepovomu Prydniprovi: monografija [Physiological and biochemical bases of introduction of tree plants in the Steppe Dnieper: monograph]. Dnipropetrovsk: Vyd-vo DNU, 388 p.
  9. Kostjuchenko, R.N. (2008), Vodnyj obmen nekotoryh predstavitelej roda *Salix* v uslovijah Srednego Priobja [Water exchange of some representatives of the genus *Salix* in the Middle Ob region]. Nauchnye trudy aspirantov i soiskatelej Nizhnevarтовского gosudarstvennogo gumanitarnogo universiteta [Scientific works of post-graduate students and candidates of Nizhnevarтовsk State Humanitarian University], Nizhnevarтовsk: Izd-vo Nizhnevar. gumanit. un-ta, vyp. 5, pp. 143—155.
  10. Kushnirenko, M.D. (1967), Vodnyj rezhim i zasuhoustojchivost' plodovyh rastenij [Water regime and drought resistance of fruit plants]. Kishinev: Shtiinca, 331 p.
  11. Kushnirenko, M.D. and Pecherskaja, S.N. (1991), Fiziologija vodoobmena i zasuhoustojchivosti rastenij [Physiology of water exchange and drought tolerance of plants]. Kishinev: Shtiinca, 307 p.
  12. Pahomov, G.I. and Bezuglov, V.K. (1980), Vodnyj rezhim rastenij [Water regime of plants]. Kazan: Izd-vo Kazanskogo un-ta, 252 p.
  13. Senchyshyna, I.O. (2005), Harakterystyka vodnogo obminu u predstavnykiv rodu *Acer L.* [Characteristics of water exchange with representatives of the genus *Acer L.*]. Visnyk Lvivskogo universytetu. Serija biologichna [Herald of Lviv University. Biological series], vyp. 40, pp. 166—173.
  14. Smetana, O.M. and Pererva, V.V. (2007), Biogeocenochnyj pokryv landshaftno-tehnogennyh system Kryvbasu [Biogeocenotic cover of landscapes and man-made systems of Kryvbas]. Kryvyj Rih: Vydavnychyj dim, 247 p.
  15. Tyhonenko, D.G. (2001), Do pytannja pro klasyfikaciju gruntiv Ukrainy [On the question of the classification of soils in Ukraine]. Gruntoznastvo [Pedology], vol. 1, N 1-2, pp. 16—22.
  16. Fedorovskij, V.D. and Mazur, A.E. (2007), Drevesnye rastenija Krivorozhskogo botanicheskogo sada (itogi za 25 let) [Woody plants of Kryvyi Rih Botanical Garden (results for 25 years)]. Dnepropetrovsk: Prospekt, pp. 159—183.



17. Shmatko, I.G., Grigorjuk, I.A. and Shvedova, O.E. (1989), Ustojchivost rastenij k vodnomu i temperaturnomu stressam [Stability of plants to water and temperature stresses]. Kyiv: Naukova dumka, 224 p.

Recommended by O.M. Gorelov  
Received 15.01.2018

Н.М. Данильчук<sup>1</sup>, А.В. Данильчук<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Криворожский ботанический сад НАН Украины, Украина, г. Кривой Рог

<sup>2</sup> Донецкий ботанический сад НАН Украины, Украина, г. Кривой Рог

#### ОСОБЕННОСТИ СЕЗОННОЙ ДИНАМИКИ ВОДООБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ У ВИДОВ РОДА *POPULUS* L. В ДЕНДРАРИИ КРИВОРОЖСКОГО БОТАНИЧЕСКОГО САДА

**Цель** — исследовать особенности водообменных процессов в ассимиляционном аппарате тополей, интродуцированных в дендрарии Криворожского ботанического сада НАН Украины.

**Материал и методы.** Объектом исследований были изменения состояния водного режима (обводненность, водный дефицит, водоудерживающая способность) тополей, интродуцированных в дендрарии Криворожского ботанического сада НАН Украины: *Populus italica* Du Roi, *P. deltoides* W. Bartram ex Marshall, *P. simonii* Carrière, *P. candicans* Aiton, *P. bolleana* Carrière. Исползованные в эксперименте виды были представлены особями второго класса возраста (до 20 лет). Определение связанной и свободной воды в растительном материале проводили рефрактометрическим методом по Н.А. Гусеву (1960). Общее количество воды, водоудерживающую способность и водный дефицит ассимиляционного аппарата тополей определяли общепринятыми методами (Бессонова, 2006). В опытах использовали листья растений, отобранные из средней части кроны юго-западной экспозиции.

**Результаты.** Общая обводненность листьев *P. bolleana* и *P. italica* в июне на 20—40 % превышала таковую листьев *P. deltoides*, *P. simonii* и *P. candicans*. В период с июня по сентябрь наблюдали уменьшение обводненности исследуемых видов тополей. Наибольшее снижение общего содержания воды в листьях тополей (на 15—20 %) по сравнению с июнем отмечено у *P. deltoides*, *P. candicans* и *P. simonii*, которые в пределах природного ареала (Северная Америка и Дальний Восток) растут в более увлажненных местах. Меньше всего общая обводненность снизилась у среднеазиатских видов *P. bolleana* и *P. italica* — до 10 %. В период с июня по август происходило уменьшение содержания свободной воды и увеличение — связанной. У *P. italica* и *P. bolleana* связанной воды было в 1,1—1,2 раза больше, чем у *P. candicans*, *P. deltoides*

и *P. simonii*, что свидетельствует о меньшей приспособленности последних к засухе. В августе у всех исследуемых тополей показатель водного дефицита превышал безопасное значение 10 % и составлял 10,4—19,1 %. Наибольшим водный дефицит был у тополей, которые естественно растут в более увлажненных местах с умеренными температурами, — *P. simonii*, *P. candicans* и *P. deltoides* и в 2,0—2,5 раза превышал показатель в начале лета. У *P. bolleana* и *P. italica* упомянутый показатель увеличивался в среднем в 1,6 раза. Наибольшие показатели водоудерживающей способности у тополей зафиксированы в июне. Более высокая водоудерживающая способность листьев у *P. bolleana* и *P. italica* позволяет им противостоять обезвоживанию при неблагоприятных условиях и является показателем их адаптации к условиям произрастания.

**Вывод.** Наиболее устойчивы к неблагоприятным условиям увлажнения — *P. bolleana* и *P. italica*, у которых соотношение процессов водного обмена является оптимальным: высокий показатель обводненности тканей, низкое значение и тенденция к снижению дневного водного дефицита в течение вегетации, способность к частичному восстановлению обводненности тканей при ослаблении действия стрессового фактора.

**Ключевые слова:** *Populus* L., интродукция, погодноклиматические условия, водообменные процессы, ассимилирующий аппарат, засухоустойчивость.

Н.М. Данильчук<sup>1</sup>, О.В. Данильчук<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Krivyi Rih Botanical Garden, National Academy of Science of the Ukraine, Ukraine, Kryvyi Rih

<sup>2</sup> Donetsk Botanical Garden, National Academy of Science of the Ukraine, Ukraine, Kryvyi Rih

#### PECULIARITIES OF SEASONAL DYNAMICS OF WATER-EXCHANGE PROCESSES IN SPECIES OF *POPULUS* L. IN DENDRARIUM OF KRYVYI RIH BOTANICAL GARDEN

**Objective** — to investigate the features of water-exchange processes in the assimilation apparatus of poplars introduced in Dendrarium of Kryvyi Rih Botanical Garden of the NAS of Ukraine.

**Material and methods.** The object of the research were changes in the state of the water regime (waterlogging, water deficiency, water retention capacity) of poplars, introduced in Dendrarium of Kryvyi Rih Botanical Garden of the NAS of Ukraine. The studies were carried out on the following poplar species: *Populus italica* Du Roi, *P. deltoides* W. Bartram ex Marshall, *P. simonii* Carrière, *P. candicans* Aiton, *P. bolleana* Carrière. The species involved in

the experiment are represented by individuals of the second class of age (up to 20 years). Determination of bound and free water in the plant material was carried out by refractometric method according to N.A. Gusev (1960). The total amount of water, water retention capacity and water deficiency of poplar assimilation apparatus was determined according to the generally accepted methods in biology (Бессонова, 2006). In experiment we used leaves of plants selected from the middle part of the crown of the south-western exposure.

**Results.** The total water content of leaves of *P. bolleana* and *P. italica* in June was 20–40 % greater than in *P. deltoides*, *P. simonii* and *P. candicans*. From June to September, the water content of the poplar species under study decreased. The most significant decrease in the total water content in poplar leaves (by 15–20 %) in comparison with June is noted in *P. deltoides*, *P. simonii* and *P. sandicans* whose natural range is the more humid places (North America and the Far East). At the same time, the total waterlogging in the Central Asian species of *P. bolleana* and *P. italica* decreased to 10 %. From June till August, the free water content decreased and the content of bound water increased. *P. italica* and *P. bolleana* of bound water are in 1.1–1.2 times larger than in *P. candicans*, *P. deltoides* and *P. simonii*, which indicates a greater fitness of the first to

drought. In August in all poplars studied the water deficit index exceeded the safe value of 10 % and fluctuated within 10.4–19.1 %. The largest water deficiency was in poplars, which naturally grow in more humid areas with moderate temperatures — *P. simonii*, *P. candicans* and *P. deltoides*, which is in 2.0–2.5 times more than in early summer. The smallest water deficit during vegetation was detected *P. bolleana* and *P. italica*, in which this index increased by an average in 1.6 times. The highest indicators of water holding capacity in poplars were in June. The higher water retention capacity of the leaves in *P. bolleana* and *P. italica* allows poplars to resist dehydration under unfavorable conditions and is an indicator of their adaptation to the conditions of growth.

**Conclusion.** The most resistant to unfavorable conditions of moistening are *P. bolleana* and *P. italica*, in which the ratio of water exchange processes is at optimal level, which is ensured by the agreement of high water content of cells, low values and tendency to decrease the daily water deficit during vegetation, to a partial restoration of the waterlogging of tissues when the effect of the stress factor is weakened.

**Key words:** *Populus L.*, introduction, weather and climate conditions, water exchange processes, assimilating apparatus, drought resistance.