

ВОДНИЙ РЕЖИМ ЛИСТКА ДЕРЕВНИХ РОСЛИН В УМОВАХ ПРОМИСЛОВОГО РЕГІОНУ ПРАВОБЕРЕЖНОГО СТЕПОВОГО ПРИДНІПРОВ'Я

Юхименко Ю.С., Бойко Л.І., Данильчук Н.М.

Криворізький ботанічний сад Національної академії наук України
вул. Маршака, 50, 50089, м. Кривий Ріг, Дніпропетровська область
yukhimenkoj@gmail.com, ludmilaboyko@meta.ua, danilchuk.natal@gmail.com

У статті розглянуто водний режим листка *Crataegus submollis* L. та *Betula pubescens* L. вуличних насаджень м. Кривий Ріг та ландшафтних композицій Криворізького ботанічного саду (умовний контроль). Кривий Ріг належить до регіонів із дуже сильним техногенним навантаженням, адже його головною містоутворюючою галуззю є чорна металургія. Складність екологічної ситуації поглиблюється кліматичними умовами, що характеризуються високими літніми температурами разом із тривалими бездошовими періодами. Дослідження фізіології водообмінних процесів листка проведено протягом червня-вересня 2020 року, який визначився рекордно малою кількістю опадів: за вказані чотири місяці випало лише 74 мм.

Установлено взаємозв'язок між отриманими показниками і ступенем забруднення місця зростання рослин. За умов більшого урботехногенного навантаження відмічено менший уміст загальної води у листках у серпні-вересні: у *B. pubescens* на 4,55–5,91%, у *C. submollis* на 2,7–3,2% відповідно. Установлено більший уміст зв'язаної води (на 0,77–1,61%) у серпні-вересні у листках рослин за умов більшого урботехногенного навантаження. Співвідношення зв'язаної/вільної вода підвищувалося із червня до вересня на обох ділянках у рослин цих видів. Показник водного дефіциту зростав протягом періоду вегетації на обох ділянках, але через урботехногенне навантаження досягав більших значень порівняно з контролем. У серпні-вересні відмінності становили: для *B. pubescens* – 7,7–7,9%, для *C. submollis* – 6,5–7,2%. Водовіддача протягом серпня-вересня інтенсивнішою була у рослині вуличних насаджень за умов більшого урботехногенного навантаження, зокрема втрата води за перші 30 хвилин визначення водозатримувальної здатності перевищувала для *B. pubescens* на 3,2–3,9%, а для *C. submollis* – на 6,4–6,5% порівняно із контрольною ділянкою.

Під час дослідження встановлено, що в умовах більшого забруднення довкілля існує тенденція до зменшення загальної обводненості листка та водозатримувальної здатності, збільшення водного дефіциту і перерозподілу фракційного складу у бік збільшення вмісту зв'язаної води. **Ключові слова:** *Crataegus*, *Betula*, водний режим листка, стійкість, урботехногенне середовище, Кривий Ріг, Правобережне Степове Придніпров'я.

Water regime of leave of tree plants in the conditions of the industrial region in the Right-bank Dnieper Steppe. Yukhimenko Y., Boyko L., Danilchuk N.

The article considers the water regime of leaves of *Crataegus submollis* L. and *Betula pubescens* L. in street plantations of Kryvyi Rih and landscape compositions of Kryvyi Rih Botanical Garden (conditional control). Kryvyi Rih belongs to the regions with a very strong man-made pressure, because its main city-forming industry is ferrous metallurgy. The complexity of the ecological situation is exacerbated by climatic conditions, which are characterized by high summer temperatures in combination with long rainy periods. Studies of the physiology of water exchange processes of the leaf were carried out during June–September 2020, which was determined by a record low amount of precipitation – only 74 mm of precipitation fell during these four months.

We ascertained the relationship between the obtained indicators and the degree of contamination of the plant growth site. Under conditions of higher urban pressure, the total water content in the leaves was lower in August–September – in *B. pubescens* by 4.55–5.91%, in *C. submollis* by 2.7%–3.2%, respectively. A higher content of bound water (by 0.77–1.61%) was found in the leaves of plants in August–September under conditions of higher urban pressure. The bound / free water ratio increased from June to September in both areas in both species. The water deficit rate increased during the growing season in both areas, but due to the urban pressure reached higher values compared to the control. In August–September, the differences were 7.7–7.9% for *B. pubescens* and 6.5–7.2% for *C. submollis*. Water yield during August–September was more intensive in street plantations under conditions of higher urban pressure, namely water loss in the first 30 minutes of determination of water holding capacity exceeded for *B. pubescens* by 3.2–3.9%, and for *C. submollis* – by 6.4–6.5%, compared to the control area.

Studies have shown that in conditions of higher environmental pollution, there is a tendency to reduce the overall water content of the leaf and water holding capacity, increase water deficit and redistribution of fractional composition in the direction of increasing the content of bound water. **Key words:** *Crataegus*, *Betula*, leaf water regime, resistance, urban technogenic environment, Kryvyi Rih, Right-bank Dnieper Steppe.

Постановка проблеми. У промисловому регіоні Правобережного степового Придніпров'я рослини відчувають нестачу вологи не лише через зміну кліматичних умов, але і через забруднення довкілля. Кривий Ріг характеризується високою концентрацією виробництва на обмеженому просторі, адже у місті працює 8 із 11 підприємств України із

видобутку і перероблення залізорудної сировини: один із найбільших у світі металургійних комбінатів – «АрселорМіттал Кривий Ріг», п'ять гірничо-збагачувальних комбінатів, а також підприємства з обслуговування головного виробництва. Головною містоутворюючою галуззю є чорна металургія, частка якої становить 86% від загальних розмірів

промислового виробництва у місті. Тому Кривий Ріг належить до регіонів із дуже сильним техногенним навантаженням. Екологічна ситуація у місті Кривий Ріг ускладнюється високими літніми температурами разом із тривалими бездошовими періодами (особливо у другій половині літа) [1]. За ґрунтово-кліматичним районуванням Дніпропетровська область належить до типового степу [2]. У літній період рівень зволоження низький, випаровування переважає над кількістю опадів: гідротермічний коефіцієнт у середньому становить 0,66 [3].

Посушливість кліматичних умов у регіоні дослідження з кожним роком поглиблюється, кількість опадів на Криворіжжі порівняно із серединою ХХ століття скоротилась удвічі. У 2020 році відмічено рекордно малу кількість опадів за рік – 201,0 мм, тоді як середній багаторічний показник становить 401 мм [1]. Деревна рослинність за таких умов виявляє тенденцію до прискореного старіння і втрати декоративності. Тому наразі гостро постає проблема виявлення загальних реакцій дерев та кущів на умови промислового міста у поєднанні із посушливістю клімату, ефективності використання поширених у його насадженнях видів, розроблення заходів із відновлення або заміни іншими, більш посухостійкими видами для стабілізації екологічної ситуації у місті.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Тематиці впливу промислового забруднення на водний режим листка деревних рослин у посушливих умовах Середнього Придніпров'я (м. Дніпро) присвячена низка робіт. Зокрема І.О. Зайцевою вивчено оводненість тканин рослин 40 видів родів *Acer L.*, *Deutzia Thunb.*, *Philadelphus L.*, *Syringa L.* [4]. У її роботі викладено показники кількості вологи ($W_{\text{екстр.}}$), потрібної для нормального функціонування окремих видів деревно-чагарникових рослин в умовах певного температурного режиму, а також установлений зв'язок розрахованих критеріїв із посухостійкістю рослин, що дозволяє прогнозувати реакцію інтродуцентів на стресові умови зростання. В умовах м. Дніпро О. В. Черніковою вивчено загальну обводненість, водний дефіцит, фракційний склад води, водозатримувальна здатність трьох видів та одного культивуру таволги. Під час її досліджень установлено, що дія ксенобіотиків і гідротермічних умов змінює показники водообміну та функціональний стан рослин [5]. Аналіз таких показників, як загальна обводненість, водний дефіцит, інтенсивність транспірації, водозатримувальна здатність, фракційний склад води у 14 видів роду *Acer L.* у різних екологічних умовах м. Дніпро проводила М.М. Поворотня. Автором установлено, що антропогенні та екологічні чинники індукують водний стрес у рослин, що виражається у зниженні загального рівня оводненості внаслідок підвищення інтенсивності транспірації, що спричинює, у свою чергу, підвищення удвічі денного водного дефіциту й осмотичного потенціалу [6].

Виділення раніше не вирішених питань.

Водний режим листка деревних рослин не досить досліджено в умовах забруднення викидами саме металургійною промисловістю. Середньомісячні концентрації шкідливих речовин в атмосфері Кривого Рогу перевищують гранично допустимі концентрації (ГДК) за пилом у 2,7 рази, за двооксидом азоту – у 2,5 рази, за фенолом – у 2 рази, за аміаком – у 4 рази, за формальдегідом – у 3,8 рази. Загальні викиди забруднюючих речовин в атмосферу міста становлять близько 600 тис. тонн, серед яких 490,5 тис. тонн припадає на частку газоподібних речовин і 86,6 тис. т пилу [7]. Близько 7% валових викидів становлять відпрацьовані гази автомобільного транспорту [8]. Тому метою дослідження є вивчення впливу забруднення довкілля на водний режим листка деревних рослин саме в умовах Криворіжжя. Завдання дослідження – проаналізувати загальну обводненість, фракційний склад води, водний дефіцит і водозатримувальну здатність у листках *Crataegus submollis L.* та *Betula pubescens L.* для визначення впливу стресових факторів урбо-техногенного середовища на їхнє функціонування.

Новизна. У статті вперше висвітлено вплив забруднення довкілля на водний режим листка таких видів, як *Crataegus submollis* та *Betula pubescens*, в умовах промислового регіону Правобережного степового Придніпров'я.

Матеріали та методи. Для дослідження водного режиму листка *Crataegus submollis L.* та *Betula pubescens L.* були обрані такі показники: загальна обводненість, фракційний склад води, водний дефіцит і водозатримувальна здатність. За контроль (умовно чиста ділянка) обрано колекцію Криворізького ботанічного саду НАН України, за дослідну ділянку – вуличні насадження з інтенсивним рухом автотранспорту (вздовж вулиці Костенка Металургійного району м. Кривий Ріг). Матеріалом для дослідження слугували листки однорічних пагонів, відібраних із 30-річних рослин *Crataegus submollis* та *Betula pubescens*.

Визначення зв'язаної і вільної води у рослинному матеріалі проводили рефрактометричним методом за Н. А. Гусевим [9]. Наважку рослинного матеріалу поміщали у розчин сахарози певної концентрації. За зниженням концентрації цього розчину після перебування у ньому листка можна встановити, скільки води вийшло у розчин із тканин. Вода, що відійшла у розчин, може бути лише вільною (точніше, вільна та слабко зв'язана), яка може бути розчинником. Зв'язана вода утримується з великою силою і залишається у клітинах. У паралельній наважці ми визначали загальний уміст води і за різницею знаходили кількість зв'язаної води. Водночас визначали загальну кількість води у таких самих висічках із листків, які поміщали у бокси і висушували у сушильній шафі до постійної ваги за температурою 100-105°C.

Визначення водозатримувальної здатності листка деревних рослин ми виконували методом «в'янення» [10]: зважували всі листки разом на технічних вагах, через 30 хвилин, одну та дві години зважують їх знову. Втрата маси показує абсолютну кількість втраченої води за певні інтервали часу. Розраховували кількість води, яка випаровувалась, у відсотках до початкової маси.

Визначення водного дефіциту, який демонструє недостатню кількість води для повного насичення клітин, проводили за такою методикою. Приблизно 1 г висічок листка поміщали у сухі бюкси і зважували, після чого переносили на поверхню води у закриті чашки Петрі і залишали до насичення тканин водою на 2 години [10]. Тургисцентні висічки із листків просушували фільтрувальним папером і зважували, після цього визначали масу абсолютно сухої тканини. Бюкс із наважкою ставили на 5 годин у сушильну шафу за температури 105°C, потім охолоджували в ексикаторі (бюкс має бути відкритим) і зважували закритий бюкс. Так повторювали доти, доки маса бюкса із матеріалом не буде постійною. На підставі одержаних показників розраховували водний дефіцит рослин за різних умов забезпеченості водою.

Виклад матеріалу дослідження. Дослідження проводились у 2020 році протягом червня-вересня за рекордно малій кількості опадів – за вказані чотири місяці випало лише 74 мм. У серпні та вересні дощі були майже відсутніми – випало 9,0 та 10,2 мм відповідно, тоді як денні температури повітря досягали значень +34,6°C у червні, +38,2°C – у липні та +35,7°C – у серпні. Зволоженість ґрунту у кореневмісному шарі за таких умов знижується до критичного рівня – до близько 30% від сирової маси, що є справжнім випробуванням для деревних рослин, які зростають без штучного зрошування.

Визначення загального вмісту води у різні строки вегетації дає уявлення про функціональний стан рослин і варіює залежно від умов вологозабезпеченості, освітленості, температурного режиму, дії стресових екологічних факторів [11]. Здатність підтримувати оптимальний вміст води зумовлена колоїдно-хімічними та осмотичними властивостями рослин, стійких до посушливого клімату. Посухостійкі рослини мають дещо нижчу обводненість клітин, за якої зберігається їх стабільне функціонування [12]. Реакція рослин на присутність у повітрі токсичних і кислих газів також проявляється у зниженні загального вмісту води у тканинах.

У червні загальна обводненість листків *B. pubescens* та *C. submollis* була доволі високою (61,3–64,9%) на обох ділянках, що пояснюється активністю ростових процесів і погодними умовами у період відбору проб (у першій декаді місяця). Цей показник знижувався впродовж вегетаційного періоду і у вересні дорівнював 48,9–57,5% (табл.1). В умовах вуличних насаджень відмічено менший вміст загальної води у серпні-вересні, що може бути пов'язано із біль-

шою інтенсивністю випаровування води у листках під дією викидів автотранспорту і промисловості. Ця різниця збільшується з поглибленням спекотних умов і досягає максимуму у вересні, а діапазон значень між двома ділянками упродовж червня-вересня становить у *B. pubescens* 1,1-5,9%, *C. submollis* 2,6-3,2%. Взагалі показники загальної обводненості наближені в обох видів, проте у *B. pubescens* початковий вміст води у листках (у червні) порівняно з *C. submollis* дещо більший: у колекції КБС на 6,9%, у вуличних насадженнях – на 1,3%. У вересні ця різниця досягла свого максимуму і в колекції КБС вміст загальної води у *B. pubescens* був більшим порівняно з *C. submollis* на 13,4%, у вуличних насадженнях – на 18,4%. що може свідчити про більшу витривалість *B. pubescens* порівняно з *C. submollis*, тобто найбільш уразливий вид скоріше втрачає вологу за рахунок вільної води, внаслідок чого має ураження листків у період посухи (низький тургор, крайовий некроз, часткове або повне опадання листя).

Одним із найважливіших показників водного обміну, на думку багатьох дослідників, є фракційний склад води, за допомогою якого можна визначити ступінь пристосування рослин до дії високих і низьких температур, а також до забрудненості довкілля [13; 14; 15]. Максимальні величини зв'язаної води у листках рослин зазвичай виявляються у разі найбільшого напруження таких основних факторів середовища, як нестача води у ґрунті, заморозки великої інтенсивності, тривалі посухи, антропогенні навантаження. Стійкі до зневоднення види реагують на водний дефіцит підвищенням кількості зв'язаної води [16; 17]. У видів, менш пристосованих до нестачі вологи у ґрунті, переважає вміст вільної води [18]. Перерозподіл вмісту форм води протягом вегетації є однією із форм регуляції водного балансу і запобігання клітинами швидкого зневоднення під час зміни гідротермічного режиму [11].

Аналіз фракційного складу води у листках *B. pubescens* та *C. submollis* показав, що індекс співвідношення вільної і зв'язаної води зростає протягом червня-вересня від значення 1,8 до 4,05 (табл. 2). Тобто упродовж літньої посухи відбувалося різке збільшення зв'язаної води на тлі зменшення загальної обводненості листків. У вуличних насадженнях індекс співвідношення двох фракцій води є більшим упродовж липня-вересня в обох видів порівняно із КБС, що свідчить про більш інтенсивне втрачання вільної води під дією стресу урботехногенних чинників. Вміст вільної води у листках деревних рослин на обох ділянках знижувався упродовж вегетаційного періоду у межах від 34,5–35,6% (у червні) до 19,8–22,8% (у вересні). В умовах КБС виявлено більшу кількість вільної води порівняно із вуличними насадженнями: у беріз упродовж червня-вересня ця різниця варіює від 0,9 до 8,7%, у глодів – від 1,1 до 12,7%. В. В. Гриненко [19] у своїй роботі зазначає, що скорочення кількості вільної води є заходом,

який зменшує ріст і розвиток асиміляційної поверхні та загальної біологічної продуктивності. Слід зазначити, що глоди мають дещо більший вміст зв'язаної води у посушливий період, ніж берези, що пов'язано із більш інтенсивним випаровуванням вологи листям.

Дефіцит води у листках деякі автори вважають показником, який найкраще вказує на ступінь пристосованості рослини до конкретних умов зростання [20; 21]. Виникнення навіть незначного водного дефіциту призводить до зменшення вмісту слабо зв'язаної води. Показник водного дефіциту листків *B. pubescens* та *C. submollis* на обох дослідних ділянках зростає упродовж літнього періоду, найвищі його значення зафіксовано за умови найбільшої інтенсивності транспірації у серпні. Найбільше значення водного дефіциту у *B. pubescens* становить 10,20% у КБС та 11,03% у міських насаджен-

нях, у *C. submollis* – 15,42% та 16,75% відповідно (табл. 3). Тобто в умовах урботехногенного навантаження відмічено більший водний дефіцит листків деревних рослин порівняно із контролем. Зокрема, протягом червня, липня і вересня різниця відмінностей цього показника між двома ділянками коливається в межах 6,5–6,9%, а у серпні становить 7,5% у *B. pubescens* та 7,9% – у *C. submollis*.

Показник водозатримувальної здатності характеризує інтенсивність втрати води ізольованими листками під час випаровування протягом тривалого часу – кількох годин. Найшвидше і легше випаровується вільна вода, що знаходиться у міжклітинниках. За дії несприятливих гідротермічних умов тканини листя втрачають насамперед легку рухливу воду. Якщо фракція вільної води є великою, то і ступінь в'янення листків буде більшим. Водночас швид-

Таблиця 3

Водний дефіцит у листках деревних рослин за різних умов техногенного навантаження

Ділянка	Водний дефіцит за місяцями, % від сирової ваги							
	Червень		Липень		Серпень		Вересень	
	М±m	V, %	М±m	V, %	М±m	V, %	М±m	V, %
<i>Betula pubescens</i> L.								
КБС	4,15±0,62	7,54	5,26±0,52	7,92	10,20±0,51	8,55	6,05±0,42	7,48
Міські насадження	4,28±0,54	7,61	5,63±0,45	7,65	11,03±0,43	10,63	6,50±0,56	8,37
<i>Crataegus submollis</i> L.								
КБС	5,45±0,42	8,55	6,05±0,37	8,95	15,42±0,72	11,27	11,5±0,45	9,29
Міські насадження	5,83±0,65	8,26	6,49±0,5	8,52	16,75±0,54	11,65	12,3±0,56	11,28

Таблиця 4

Водозатримувальна здатність деревних рослин за різних умов урботехногенного навантаження

Дослідна ділянка	Місяці	Початковий вміст води, %	Кількість втраченої води тканинами листка, % (від початкового вмісту у листках)		
			30 хв.	60 хв.	120 хв.
			М±m	М±m	М±m
<i>Crataegus submollis</i> L.					
КБС	червень	62,6±0,87	5,0±1,17	8,4±0,65	13,9±0,74
	липень	61,4±1,08	7,6±0,84	10,3±0,92	18,3±0,78
	серпень	52,7±1,82	14,5±0,35	20,5±0,32	29,4±0,41
	вересень	49,8±2,39	10,1±0,25	15,3±0,37	24,1±0,55
Міські насадження	червень	61,3±0,92	5,1±0,58	8,6±0,78	15,2±0,45
	липень	59,3±1,25	8,4±1,12	11,5±1,45	19,3±1,25
	серпень	51,3±1,56	15,3±1,01	21,2±0,94	30,4±1,04
	вересень	48,2±2,31	10,8±1,22	16,3±1,45	25,2±2,05
<i>Betula pubescens</i> L.					
КБС	червень	64,9±0,46	4,5±0,66	8,9±0,53	17,2±0,52
	липень	63,0±0,87	5,2±0,61	10,4±0,78	22,1±0,88
	серпень	61,0±1,25	11,7±0,95	17,2±1,12	27,3±1,51
	вересень	57,5±1,59	9,0±1,12	14,9±1,21	23,6±1,32
Міські насадження	червень	63,4±0,52	4,9±0,49	2,9±0,52	5,1±0,45
	липень	62,3±1,27	6,5±1,35	12,4±1,28	24,0±1,36
	серпень	59,1±1,15	12,3±0,98	18,3±0,87	28,3±1,31
	вересень	56,5±0,95	9,3±0,87	16,1±0,93	25,0±1,22

кість водовіддачі буде високою, а стійкість тканин до зневоднення оцінюється як низька [22]. Висока стійкість до зневоднення забезпечується достатньою кількістю колоїдно-зв'язаної води.

За кількістю втраченої води у перші 30 хвилин судять про водозатримувальну здатність рослин. Рослини вважаються стійкими, якщо за 30 хвилин вони втрачають не більше 4–5% води від своєї маси [23, 24]. Наші дослідження показали, що протягом дослідного періоду втрата води за перші 30 хвилин у *C. submollis* коливалась у межах 5,0–14,5% в умовах КБС та 5,1–15,3% – в умовах вуличних насаджень міста, у *B. pubescens* – 4,5–11,7% та 4,9–12,3% відповідно (табл. 4). Найбільші значення спостерігалися у серпні та були дещо вищими в урботехногенному середовищі. Максимальну різницю (за перші 30 хвилин) між ділянками дослідження відмічено у серпні, а саме 3,2% у *B. pubescens* та 6,5% – у *C. submollis*. Подальша водовіддача у листках *B. pubescens* варіює від 3,1 до 5,8% за кожний інтервал часу, у *C. submollis* – від 3,2 до 6,1%. Наразі берези втрачали вологу дещо повільніше за глоди, що може свідчити про їхню більшу стійкість до умов навколишнього середовища.

Подібна тенденція до зниження водозатримувальної здатності із підвищенням антропогенного навантаження підтверджується показниками інших дослідників [5, 25–27]. Зокрема, Л.М. Тимошенко [25] відзначає загальну тенденцію до зниження показників водозатримувальної здатності листового апарату багатьох досліджуваних деревних рослин (*Acer platanoides* L., *Aesculus hippocastanum* L., *Betula pendula* Roth., *Tilia cordata* Mill. та інших) у липні і серпні, що, вірогідно, зумовлено комплексом негативних чинників: підвищеною температурою повітря, максимальним рівнем забруднення. Крім того, ним виявлено більш інтенсивне зниження водозатримувальної здатності деревних рослин, які зростали у несприятливих умовах.

Головні висновки. Дослідження фізіології водообмінних процесів листка у *Betula pubescens* та *Crataegus submollis* у ландшафтних композиціях Криворізького ботанічного саду і вуличних насаджень м. Кривий Ріг виявили взаємозв'язок між отриманими показниками і ступенем забруднення місця зростання рослин. За умов більшого урботехногенного навантаження відмічено менший вміст загальної води у листках у серпні-вересні: у *B. pubescens* на 4,55–5,91%, у *C. submollis* на 2,7%–3,2%.

В умовах більшого забруднення довкілля встановлено більший вміст зв'язаної води (на 0,77–1,61%) у серпні-вересні у листках рослин. Перерозподіл фракцій води у листках рослин значною мірою проявляється в умовах забруднення інгредієнтами викидів автомобільного транспорту і промисловості, що сприяє збереженню більш високої обводненості рослин під дією стресових факторів і є показником їх стійкості.

Показник водного дефіциту зростав протягом періоду вегетації на обох ділянках, але в умовах більшого урботехногенного навантаження досягав більших значень порівняно із контролем. У серпні-вересні відмінності становили: для *B. pubescens* – 7,7–7,9%, для *C. submollis* – 6,5–7,2%. Водозатримувальна здатність у серпні-вересні виявлена слабкішою у рослин вуличних насаджень: втрата води за перші 30 хвилин досліді перевищувала контрольні значення для *B. pubescens* на 3,2–3,9%, для *C. submollis* – на 6,4–6,5%.

Перспективи використання результатів дослідження. Результати дослідження водного режиму деревних рослин в умовах промислового регіону, які ускладнюються посушливим кліматом Правобережного степового Придніпров'я, є необхідною мірою екологічного моніторингу довкілля. Отримані результати дають змогу прогнозувати довговічність зелених насаджень та окреслити перспективи розвитку процесів оптимізації урботехногенного середовища.

Література

1. Агроклиматический справочник по Днепропетровской области. Ленинград : Гидрометеиздат, 1958. 88 с.
2. Дячук В.А., Бабіченко В.М., Бондаренко З.С., Рудішина С.Ф. Клімат України / під ред. В.М. Липінського. Київ : Видавництво Раєвського, 2003. 342 с.
3. Бельгард А.Л. Степное лесоведение. Москва : Лесная промышленность, 1971. 321 с.
4. Зайцева І.О. Моделювання стану оводненості тканин листів різних за посухостійкістю деревних рослин. *Наукові доповіді НУБіП*, 2010. Вип. 2, №18. URL: <http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nd/2010-2/10zioddr.pdf>.
5. Чернікова О.В. Вплив промислового забруднення на водний режим рослин роду *Spiraea* L. *Питання біоіндикації та екології*. Запоріжжя: ЗНУ, 2011. Вип. 16, № 2. С. 98–105.
6. Поворотня М.М. Еколого-фізіологічний аналіз стійкості видів роду *Acer* у техногенних умовах теплових електростанцій Дніпропетровщини. Дис. ... канд. біол. наук: 03.00.16. Дніпропетровськ, 2016. 150 с.
7. Лысый А.Е., Рыженко С.А., Козьрин И.П. и др. Экологические и социально-гигиенические проблемы и пути оздоровления крупного промышленного региона (на примере Криворожского железорудного бассейна). Кривой Рог, 2007. 428 с.
8. Багрий І.Д., Білоус А.М., Вилкул Ю.Г. Досвід комплексної оцінки та картографування факторів техногенного впливу на природне середовище міст Кривого Рогу та Дніпродзержинська. Відп. ред. В.М. Палій. Інститут геологічних наук НАН України. Київ : Фенікс, 2000. 145 с.
9. Гусев Н.А. Некоторые методы исследования водного режима растений. Ленинград : Всесоюз. ботан. ощество, 1960. 62 с.
10. Бессонова В.П. Практикум з фізіології рослин. Дніпропетровськ : РВВ ДДАУ, 2006. 316 с.
11. Зайцева І.О., Долгова Л.Г. Фізіолого-біохімічні основи інтродукції деревних рослин у Степовому Придніпров'ї: монографія. Дніпропетровськ : Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту, 2010. 388 с.

12. Емельянов Л. Г., Анкул С. А., Осерко С. Н. Особенности саморегуляции водообмена у растений в условиях различного водного стресса. *Регуляция водного обмена растений*: Зб. наук. пр. Київ : Наук. думка, 1984. С. 82-85.
13. Физиологические основы устойчивости растений. Курс лекций под ред. О.А. Зауралова. Саранск, 1989. 70 с.
14. Ахматов К. А. Адаптация древесных растений к засухе. Фрунзе : Илим, 1976. 196 с.
15. Шматько И. Г., Слухай С. И., Шевченко Н. Н. Водный режим растений в связи с действием факторов среды. Київ : Наукова думка, 1983. 199с.
16. Алексеев А. М. Влияние состояния воды в растительных клетках на ход физиологических процессов. *Физиология и биохимия культурных растений*. 1969. Вып. 1. С. 16–21.
17. Гусев Н.А. О характеристике состояния воды в растениях. *Физиология растений*. 1962. Т.9, №4. С. 80–86.
18. Гусейнов Б. З., Масиев А. М., Наджафов Ш. Г. Водный режим древесных реликтов Тальша. Москва : Наука, 1971. С. 250–255.
19. Гриненко В.В. Значение авторегуляции водного режима в адаптации к природным факторам. *Физиология засухоустойчивости*. 1971. С. 115–123.
20. Дмитренко В. П., Чекина Т.А. Водный дефицит растений и его связь с гидрометеорологическими условиями. *Регуляция водного обмена растений*. Зб. наук. праць. Київ : Наук. думка, 1984. С. 80–82.
21. Антоненко В. С., Гойса Н. И., Митрофанов Б.А. Водный дефицит как характеристика степени влагообеспеченности растений. *Регуляция водного обмена растений*. Зб. наук. пр. Київ : Наукова думка, 1984. С. 48–50.
22. Самуилов Ф.Д. Водный обмен и состояние воды в растениях. Казань: Изд-во Казанского ун-та, 1972. 282 с.
23. Летние практические занятия по физиологии растений / под ред. М. С. Миллера. Москва : Просвещение, 1973. 208 с.
24. Баславская С. С., Трубецкова О. М. Практикум по физиологии растений. Москва : Изд-во Моск. ун-та. 1964. 328 с.
25. Тимошенко Л. М. Особливості водоутримної здатності листового апарату дендрофітів в умовах урбосередовища. *Збалансоване природокористування*. 2018. С. 98-105. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Zp_2018_3_14
26. Гнатишин І. І. Водний режим листя в умовах урбанізованого середовища. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2015. Т. 25, № 8. С. 49–52.
27. Нестерова Н. Г. Особливості водного режиму деревних видів рослин в екологічних умовах м. Київ. *Збалансоване природокористування*. 2013. № 2–3. С. 89–95. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Zp_2013_2-3_17.