

7. **Масюк А. Н.** Особенности формирования корневой системы робинии лжеакации в разных лесорастительных условиях, созданных на рекультивированных землях. *Грунтознавство*. 2009. Т. 10, № 1–2. С. 65–70.

8. **Масюк А. Н.** Структурно-функциональная организация насаждений облепихи крушиновидной. *Антропогенные воздействия на лесные экосистемы степной зоны*. Днепропетровск, 1990. С. 101–112.

9. Определитель высших растений Украины / отв. ред. Ю. Н. Прокудин. Киев: Наук. думка, 1987. 548 с.

10. Программа и методика биогеоценотических исследований / под. ред. Н. В. Дылиса. М., 1974. 402 с.

11. **Тарасов В. В.** Флора Дніпропетровської та Запорізької областей. Дніпропетровськ: Вид-во ДНУ та Ліра, 2005. 276 с.

12. *Экология города*. Под ред. Ф. В. Стольберга. Киев: Либра, 2000. 464 с.

13. **Ярошенко П. Д.** Геоботаника. Основные понятия, направления и методы. Москва; Ленинград: Изд-во АН СССР, 1961. 474 с.

Надійшла до редколегії 25.08.2017 р.

УДК 58.087+581.1

І. О. Зайцева

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

КІЛЬКІСНА ОЦІНКА ПОСУХОСТІЙКОСТІ ІНТРОДУЦЕНТІВ РОДУ *SYRINGA* L. В УМОВАХ СТЕПОВОГО ПРИДНІПРОВ'Я

Проведено комплексне дослідження показників, що характеризують стійкість інтродукованих видів роду *Syringa* L. до дії стресових гідротермічних факторів. Швидкість водовіддачі тканинами листя, розрахована з використанням регресійного аналізу, може служити діагностичним критерієм реакції рослин на посуху. Кількісні оцінки водоутримуючої здатності корелюють із оцінками польової посухостійкості в період вегетації і визначаються вмістом розчинних фракцій білків протопласту клітин.

Ключові слова: водний режим, посухостійкість, види бузку, регресійний аналіз, вміст білків, водоутримуюча здатність листя.

И. А. Зайцева

Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТИ ИНТРОДУЦЕНТОВ РОДА *SYRINGA* L. В УСЛОВИЯХ СТЕПНОГО ПРИДНЕПРОВЬЯ

Проведено комплексное исследование показателей, характеризующих устойчивость интродуцированных видов рода *Syringa* L. к действию стрессовых гидротермических факторов. Скорость водоотдачи тканями листа, рассчитанная с использованием регрессионного анализа, может служить диагностическим критерием реакции растений на засуху. Количественные оценки водоудерживающей способности коррелируют с оценками полевой засухоустойчивости в период вегетации и определяются содержанием растворимых фракций белков протопласта клеток.

Ключевые слова: водный режим, засухоустойчивость, виды сирени, регрессионный анализ, содержание белков, водоудерживающая способность листьев.

I. O. Zaitceva

Oles' Honchar Dnipro National University

QUANTITATIVE ESTIMATION OF DROUGHT-RESISTANCE OF INTRODUCED PLANTS GENUS SYRINGA L. IN STEPPE RIGHT BANK OF DNIPRO

The complex study of drought-resistance at introducing plants of genus *Syringa* L. have been determine under the conditions of high hydro-temperature factors. The rate of water return was marked with used regression analysis.

The rate of water return is diagnostic criterion for determine of plant reaction under drought. The quantitative estimation of water forms and rates of water return by plant tissues are coordinate with estimations of field drought-resistance for vegetation period. Rates of water return are connected with protein fractions in plant cells.

Keywords: water relations, drought-resistance, plants of genus *Syringa* L., regression analysis, protein content, rates of water return.

Успішність інтродукції рослин у Степову зону України великою мірою визначається їх стійкістю до стресових гідротермічних факторів у період вегетації. Однією з вагомих складових успішності інтродукції є посухостійкість рослин, про що свідчить використання цього показника при обчисленні акліматизаційного числа, яке було запропоновано М. А. Кохно [1].

Комплексна дія зневоднення і перегріву призводить до значних порушень метаболізму та фізіологічних функцій рослин [2; 3; 4], а саме порушується формоутворення, знижується швидкість фотоасиміляції, збільшується інтенсивність непродуктивного дихання, що призводить до зниження енергетичного рівня, порушується активність ферментних систем, білково-вуглеводного метаболізму [5; 6; 7]. Таким чином, посухостійкість рослин є одним з основних показників оцінки інтродуцентів у нових умовах зростання. В інтродукційних дослідженнях ступінь посухостійкості визначається за методиками польових оцінок [1], які необхідно доповнити фізіологічними дослідженнями водного режиму і метаболізму за умов різних сполучень гідротермічних факторів.

Пристосування рослин до несприятливих факторів середовища полягає насамперед у здатності рослинного організму підтримувати гомеостаз оводненості тканин на оптимальному рівні, але адаптивні механізми стійкості рослин до зневоднення вивчені ще недостатньо. У зв'язку з цим метою роботи було дослідження водообмінних процесів за умов гідротермічного стресу та відповідних адаптивних реакцій чагарникових рослин роду *Syringa* L., інтродукованих у Степовому Придніпров'ї.

Об'єкти та методи дослідження. Об'єктами досліджень слугували 12 видів родового комплексу *Syringa* L. колекції ботанічного саду Дніпровського національного університету. Досліджувані види бузків походять з різних районів природного розповсюдження роду (Балкано-Карпатської, Західногімалайської та Східноазіатської гірських областей) і відповідно різняться за своєю стійкістю до посушливих умов району інтродукції [8]. Проводили оцінку польової посухостійкості рослин під час глибокої посухи візуальними методами за модифікованою нами шкалою з максимумом 5 балів для повністю стійких рослин [9]. У досліджуваних видів під час посухи визначали вміст розчинних фракцій білків у тканинах листя за методом Бредфорд. Стійкість до гідротермічного стресу вивчали в модельному експерименті за показником водоутримуючої здатності методом зав'ядання листків за температур 20°C (варіант 1) і 32°C (варіант 2). Кількісну оцінку швидкості водовіддачі проводили за алгоритмом регресійного аналізу [10; 11].

Дослідження проводили в триразовій повторності, результати опрацьовано за допомогою пакета Microsoft Statistica 6.0. Розбіжності між вибірками вважали значущими при $p \leq 0,05$.

Результати та обговорення. Дослідження водоутримуючої здатності бузків за методом Арланда проводили за результатами визначення вмісту води у процесі зав'ядання ізольованих листків за температур 20°C і 32°C впродовж 8 та 24 годин. Отримані дані свідчать, що досліджувані види значно різняться за водоутримуючою здатністю. Впродовж 8-годинної експозиції у 1 варіанті візуальні ознаки початку зав'ядання виявилися тільки у *S. reticulata* (Blume) Hara (через 5,2 год. після початку досліду). Обводненість тканин листя на цей час у *S. reticulata* складала 28,1 %, тоді як у інших видів – від 48,7 % до 68,6 %. Через 8,5 години після початку досліду листя *S. reticulata* набуло повітряно-сухого стану з вмістом води 17,8 %, в той же час у листках інших видів містилося від 38,3 % до 64,3 % води.

За 24 години при оптимальній температурі ознаки зав'ядання з'явилися у *S. josikae* Jacq., *S. wolfii* C.K.Schneid., *S. reflexa* C. K. Schneid., *S. emodi* Wall., *S. villosa* Vahl. За цей же час повністю втратили рухомі фракції води і висохли листки *S. vulgaris* L., *S. yunnanensis* Franch. з вмістом води 10,9–13,3 %. Види, у яких через 24 години навіть не з'явилися ознаки зав'ядання (*S. persica* L., *S. oblata* Lindl., *S. pekinensis* Rupr., *S. komarovii* C.K.Schneid.), а в листках збереглося 44,2–53,4 % води, мають високу водоутримуючу здатність і дуже повільно втрачають воду.

За умов підвищеної температури 32°C значно скоротився час появи перших ознак в'янення листя: у *S. reticulata* – через 1,3 год., *S. wolfii* – через 2 год., *S. villosa*, *S. emodi*, *S. josikae* та *S. vulgaris* – через 3,2–3,75 год., *S. yunnanensis* та *S. reflexa* – через 4,4 та 4,8 год. відповідно, *S. komarovii* – 5,5 год., *S. pekinensis* – 8 год. після початку досліду. Далі повне висихання листя у цих видів відбувалося досить швидко – за 1,2–2,9 години. Більш витривалими виявилися *S. pekinensis* та *S. oblata*. Найбільшу стійкість до перегріву і зневоднення показав вид із Середньої Азії *S. persica*, у якого навіть через 24 години при підвищеній температурі не з'явилися ознаки зав'ядання листя.

Для проведення порівняльного аналізу стійкості рослин більш коректно виражати результати у точних кількісних показниках. З цією метою експериментальні дані водовіддачі листків, отримані за температур 20°C і 32°C, які відображають змінення маси води у тканині впродовж 8-годинного зав'ядання листя, були використані для розрахунку швидкості водовіддачі. Розроблений нами алгоритм регресійного аналізу базується на вихідному рівнянні, що виражає загальну закономірність фізіологічних механізмів втрати води ізольованими листками. Вона полягає в тому, що швидкість змінення маси води при зав'яданні пропорційна самій масі води у листку. Це твердження у математичному вираженні має вигляд диференціального рівняння:

$$dm(t) / dt = -k m(t), \quad (1)$$

де $m(t)$ – маса води у листку, що змінюється у часі, мг; k – коефіцієнт пропорційності, або константа швидкості водовіддачі, сек⁻¹; t – час, години.

Рішенням цього рівняння є експоненційна функція вигляду

$$m(t) = m_0 e^{-kt}, \quad (2)$$

де m_0 – початкова маса води у листку, мг. Представлення рівняння (2) в логарифмічному вигляді дозволило отримати лінійну функцію

$$\ln [m(t) / m_0] = -kt. \quad (3)$$

Екстраполяція експериментальних даних експоненційною функцією і графічне зображення їх в координатах $OX(t) - OY [\ln m(t)]$ дозволило отримати основні кількісні характеристики водообмінних процесів досліджуваних видів бузків. Перетинання лінійної частини кривої з віссю OY визначає величину m_0 ; за величиною кута нахилу прямої по відношенню до осі OX розраховували коефіцієнт k , який відображає швидкість втрати води тканинами листка (табл 1.).

Фізіологічні показники листя та посухостійкість видів бузків

Вид	Природний ареал	Польова посухостійкість, бал	Константа швидкості водовіддачі k , сек ⁻¹		Вміст розчинних білків, мг/г сух.реч.	
			варіант 1 (t = 20°C)	варіант 2 (t = 32°C)	варіант 1 (t = 20°C)	варіант 2 (t = 32°C)
<i>S. vulgaris</i> L.	Південна Європа	5,0	0,0030	0,0061	8,10±0,234*	6,08±0,065*
<i>S. josikae</i> Jacq.	Карпати	3,5	0,0013	0,0040	7,93±0,087*	5,33±0,170*
<i>S. persica</i> L.	Середня Азія	5,0	0,0008	0,0018	8,69±0,010*	10,98±0,160*
<i>S. oblata</i> Lindl.	Північно-Східний Китай	4,5	0,0007	0,0019	7,31±0,054*	6,57±0,043*
<i>S. wolfii</i> C. K. Schneid.,	Північно-Східний Китай	2,0	0,0008	0,0062	6,83±0,166*	3,98±0,264*
<i>S. reflexa</i> C. K. Schneid.	Центральний Китай	5,0	0,0015	0,0027	5,12±0,217*	4,99±0,032*
<i>S. villosa</i> Vahl.	Центральний Китай	1,0	0,0009	0,0037	4,23±0,087*	3,65±0,011*
<i>S. pekinensis</i> Rupr.	Західний, Центральний Китай	5,0	0,0006	0,0023	8,45±0,185	8,24±0,025
<i>S. komarovii</i> C.K.Schneid.	Південно-Західний Китай	3,0	0,0014	0,0036	6,78±0,012*	5,10±0,285*
<i>S. yunnanensis</i> Franch.	Південно-Західний Китай	4,0	0,0018	0,0039	4,95±0,089	3,68±0,034
<i>S. emodi</i> Wall.	Гімалаї	1,0	0,0008	0,0052	5,89±0,350*	3,15±0,021*
<i>S. reticulata</i> (Blume) Hara	Японія	0,5	0,0053	0,0136	4,34±0,125*	2,06±0,098*

Примітка: * Різниця між середніми значеннями для 1 і 2 варіантів достовірна при $p \leq 0,05$.

Отримані величини константи швидкості водовіддачі в цілому добре відображають визначені нами особливості втрати води листям бузків за умов різної температури і корелюють з оцінками польової посухостійкості рослин. Так, найменш стійкий вид – *S. reticulata* має найбільші константи швидкості водовіддачі при нормальній ($k_{20} = 0,0053$) і підвищеній ($k_{32} = 0,0136$) температурах, які в 10 разів перевищують константи інших видів. В той же час польова посухостійкість *S. reticulata* оцінена балом 0,5 і є найнижчою серед досліджуваних видів. У період глибокої тривалої посухи листя *S. reticulata* швидко жовтіє, стає бурим і висихає. Недостатньо стійкими до зав'ядання за нормальних температурних умов виявилися *S. vulgaris*, *S. yunnanensis*, *S. reflexa*, *S. komarovii* з підвищеними значеннями константи водовіддачі (0,0030–0,0014 сек⁻¹).

У більшості видів, для яких характерна висока швидкість водовіддачі, під впливом температурного фактора спостерігається подальше зростання цього показника – у *S. vulgaris* до 0,0061 сек⁻¹, *S. josikae* 0,0040 сек⁻¹ та ін., що свідчить про відсутність ефективних механізмів протидії стресовим факторам.

Але найбільш чутливими до гідротермічного стресу слід вважати види, які повільно втрачають воду за оптимальних температурних умов і значно підвищують швидкість водовіддачі при температурі 32^o C. Так, у *S. wolfii* константа швидкості підвищується у 7,75 раза, *S. emodi* – у 6,5, *S. villosa* – у 4,1, і досягає значень 0,0062–0,0037 сек⁻¹. Саме ці види, а також *S. reticulata* з максимальною швидкістю водовіддачі, мають найнижчу польову посухостійкість (0,5–2,0 бали). Зміна швидкості водовіддачі під впливом високої температури свідчить про суттєві втрати водоутримуючих властивостей протопласти клітин.

Відомо [7], що у формуванні адаптаційного синдрому велике значення має білоксинтезуюча система рослин. Так, вплив водного стресу у нестійких видів проявляється у змінах білкового метаболізму, спрямованих на зростання протеолітичної активності і накопичення вільних амінокислот [12]. У зв'язку з цим проведено вивчення білкового обміну листя в період вегетації в оптимальних умовах

(варіант 1) та за дії гідротермічного стресу (варіант 2). Як видно із даних, наведених у табл. 1, простежується загальна закономірність – наявність корелятивних зв'язків між показниками вмісту білків, посухостійкістю рослин та швидкістю водовіддачі. Малостійкі види характеризуються низьким рівнем вмісту розчинних білків, який помітно знижується під впливом гідротермічного стресу. Види з високою посухостійкістю (*S. vulgaris*, *S. oblata*, *S. reflexa*, *S. pekinensis*) відрізняються більш високим і стабільним в умовах стресу вмістом білка. Напевно, висока водоутримуюча здатність і зменшення швидкості втрати води у цих видів обумовлені колоїдно-осмотичними властивостями клітин завдяки кількісному зростанню цитоплазматичних білкових фракцій. Окремо слід виділити *S. persica*, у якої за умов стресу навіть підвищується вміст розчинних білків у листках, що може бути наслідком підвищеної активності білоксинтезуючої системи і формування пулу стресових білків. Цей висновок добре узгоджується з попередніми даними, за якими *S. persica* визначається як посухостійкий вид з найбільш високою водоутримуючою здатністю.

Висновки. Величина швидкості водовіддачі тканин листя може бути використана при визначенні адаптаційного потенціалу інтродуцентів в умовах посухи. Цей показник корелює з оцінками польової посухостійкості рослин, зробленими впродовж вегетаційного періоду в кліматичних умовах району інтродукції – Степовому Придніпров'ї.

Розроблений алгоритм застосування регресійного аналізу доцільно використовувати для оцінки швидкості водовіддачі та, відповідно, посухостійкості інших видів деревно-чагарникових інтродуцентів.

Значне зростання швидкості водовіддачі за умов гідротермічного стресу показником нестабільності водного балансу і порушення гомеостазу клітин, що дає змогу прогнозувати негативну реакцію інтродукованих рослин на посуху (*S. wolfii*, *S. emodi*, *S. villosa*).

Фізіологічні механізми адаптації видів бузків до посушливих умов району інтродукції пов'язані із перерозподілом внутрішньоклітинної води та стабілізацією її гідрофільними білковими колоїдами, вміст яких зростає в умовах гідротермічного стресу, що обумовлює зниження швидкості втрачання води. Визначено за результатами досліджень види бузків з високим адаптаційним потенціалом – *S. persica*, *S. pekinensis*, *S. oblata*, *S. reflexa*, а також *S. yunnanensis* – є перспективними для впровадження в озеленення у районах із складними гідротермічними умовами вегетаційного періоду.

Бібліографічні посилання

1. *Кохно Н. А., Курдюк А. М.* Теоретические основы и опыт интродукции древесных растений в Украине. Киев: Наукова думка. 1994. 185 с.
2. *Петровская-Баранова Т. П.* Физиология адаптации и интродукция растений. Москва: Наука. 1983. 151 с.
3. *Шматько И. Г., Григорюк И. А., Шведова О. Е.* Устойчивость растений к водному и температурному стрессам. Киев: Наукова думка. 1989. 224 с.
4. *Недуха О. М.* Вплив водного дефіциту на листки рослин. *Укр. ботан. журн.* 2001. № 1. С. 99–106.
5. *Григорюк І. П., Михальський М. Ф., Серга О. І.* Біоенергетичні аспекти стійкості рослин до посухи. *Фізіологія та біохімія культурних рослин.* 2003. Т.35. № 6. С. 494–503.
6. *Колупаєв Ю. Є.* Стресові реакції рослин: молекулярно-клітинний рівень. Харків: Харк. держ. аграр. ун-т. 2004. 173 с.
7. *Косаківська І. В.* Особливості функціонування білкової системи в умовах стресу. *Укр. ботан. журн.* 1996. Т. 53. № 3. С. 238–251.
8. *Горб В. К.* Сирени на Україні. Київ: Наукова думка. 1989. 160 с.
9. *Зайцева И. А.* Оценка полевой засухоустойчивости древесных интродуцентов. *Зб. наук. праць «Фальцфейнівські читання».* Херсон. 2007. С. 128–131.

10. **Зайцева И. А.** Скорость водоотдачи как критерий засухоустойчивости растений-интродуцентов. Материали міжнар. наук. конф. «Алелопатія та сучасна біологія». Київ. 2006. С. 223–227.

11. **Зайцева І. О.** Динаміка водообмінних процесів роду *Acer* L. у зв'язку з їх посухостійкістю. *Вісник ДНУ. Серія "Біологія. Екологія"*. 2004. Вип. 12. № 1. С. 54–62.

12. **Косаківська І. В.** Роль білків та фітогормонів у загальній стратегії адаптації рослин до стресів. *Фізіологія та біохімія культурних рослин*. 2003. Т.35. № 6. С. 517–521.

Надійшла до редколегії 11.10.2017 р.

УДК 581.1

Т. В. Легостаєва, К. О. Воляник

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

ДИНАМІКА АКТИВНОСТІ ПЕРОКСИДАЗИ У ЛИСТКАХ *AILANTHUS ALTISSIMA* ЗА АЕРОТЕХНОГЕННОГО ЗАБРУДНЕННЯ

З'ясовано зміну активності антиоксидантного ферменту пероксидази у листках рослин *Ailanthus altissima* Swingle, які зростають в умовах урбоценозу м. Дніпро. Встановлено, що адаптація деревної породи *Ailanthus altissima* Swingle до дії забруднювачів урбоценозів відбувається за рахунок активації антиоксидантного ферменту пероксидази. Зазначено, що показник активності пероксидази можна з великим ступенем достовірності використовувати для оцінки стану деревних рослин у стресових умовах і їх стійкості до аеротехногенного забруднення.

Ключові слова: *Ailanthus altissima* Swingle, вегетативні органи, аеротехногенне забруднення, антиоксидантні ферменти, пероксидаза.

Т. В. Легостаєва, К. А. Воляник

Днепроvский национальный университет имени Олеся Гончара

ДИНАМИКА АКТИВНОСТИ ПЕРОКСИДАЗЫ В ЛИСТЬЯХ *AILANTHUS ALTISSIMA* ПРИ АЭРОТЕХНОГЕННОМ ЗАГРЯЗНЕНИИ

Выяснено изменение активности антиоксидантного фермента пероксидазы в листьях растений *Ailanthus altissima* Swingle, которые растут в условиях урбоценоза г. Днепр. Установлено, что адаптация древесной породы *Ailanthus altissima* Swingle к действию загрязнителей урбоценозов происходит за счет активации антиоксидантного фермента пероксидазы. Отмечено, что показатель активности пероксидазы можно с большой степенью достоверности использовать для оценки состояния древесных растений в стрессовых условиях и их стойкости к аеротехногенному загрязнению.

Ключевые слова: *Ailanthus altissima* Swingle, вегетативные органы, аеротехногенное загрязнение, антиоксидантные ферменты, пероксидаза.

T. V. Legostayeva, K. O. Volyanyk

Oles' Honchar Dnipro National University

DYNAMICS OF ACTIVITY PEROXIDASE IN LEAVES OF *AILANTHUS ALTISSIMA* AT AEROTECHNOGENIC CONTAMINATION

The change in the activity of the antioxidant enzyme peroxidase in the leaves of the plants *Ailanthus altissima* Swingle, growing in the conditions of the Dnipro urbocenosis, is revealed. It is established that the adaptation of the tree species *Ailanthus altissima* Swingle to the action of pollutants urbocenoses is due to the activation of the antioxidant enzyme