

УДК 631.524 (477)

ОЦІНКА ПОСУХО- ТА ЗИМОСТІЙКОСТІ ДЕРЕВНИХ ЕКЗОТІВ, ІНТРОДУКОВАНИХ У СТЕПОВУ ЗОНУ

Л.Г.Долгова, І.О. Зайцева

Оцінка посухо- та зимостійкості деревних екзотів, інтродукованих у степову зону.- Долгова Л.Г., Зайцева І.О.- Встановлені на основі польової оцінки ступені посухо- та зимостійкості деревних екзотів, інтродукованих в степову зону з різних флористичних областей. Стійкість рослин до дії несприятливих екологічних чинників визначається реакціями на біохімічному рівні, що підтверджується накопиченням осмотично-активних речовин – розчинних білків в тканинах рослин.

Ключові слова: інтродукція, стійкість, розчинні білки

Адреса: Дніпропетровський національний університет, вул. Наукова, 13, м. Дніпропетровськ 49050 e-mail: FR2008@ukr.net

Assessment of drought-resistance and frigestability of wood aliens introduced in the steppe zone.-Dolhova L., Zajzeva I.- The drought- resistance and frigestability of wood exotes introduced in the steppe zone from different flora areas were estimated on the basic of field study. Plants' resistance to the action of adverse ecological factors is determined by the adaptive response on the biochemical level. It is confirmed by the accumulation of osmotic active substances – soluble proteins in plants' tissues.

Вступ

Дослідження ролі та можливостей використання в степовій зоні малопоширених в культурі деревних екзотів у формуванні насаджень із захисними та фітомеліоративними функціями є на сьогодні актуальною проблемою. Стійкість рослин за умов дії несприятливих екологічних факторів визначається адаптаційними реакціями на фізіолого-біохімічному рівні, що обумовлює необхідність досліджень функціонального стану та активності метаболічних процесів в рослинах, інтродукованих в регіон з інших флористичних областей [9].

Оцінка стійкості рослин є важливим заключним етапом інтродукційних досліджень. Вона дає можливість виявити еколого-біологічні особливості, фенотипову мінливість, доцільність культури нових видів в умовах району інтродукції.

Існують різні методичні підходи до оцінки результатів інтродукції, в яких, зазвичай, використовуються показники візуальних спостережень, тобто дані якісної (бальної) оцінки життєздатності рослин [7,8]. Такі традиційні інтродукційні дослідження набувають більшої

вагомості, якщо їх доповнити кількісними оцінками біохімічної активності різних ланок метаболізму рослин [14] та вивченням механізмів стійкості інтродуцентів в нових умовах зростання [12].

Саме метою наших досліджень і було визначення польової оцінки посухо- та зимостійкості рослин на фоні порівняння стійкості їх з накопиченням в листках та пагонах осмотично-активних речовин – розчинних білків.

За тривалий попередній період інтродукційної роботи дослідниками запропоновані різні варіанти шкал оцінки успішності інтродукції, в яких враховуються фактори морозостійкості, посухостійкості, генеративної здатності, характеру розвитку рослин, а також кліматичної особливості району інтродукції [3, 10].

Значний розвиток дана проблема отримала в роботах М.А. Кохно і А.М. Курдюк [6], які запропонували об'єднати критерії оцінки основних показників з урахуванням коефіцієнта вагомості признака, який відображує значимість того чи іншого признака у формуванні загальної стійкості рослин. Слід зазначити, що існують певні складності суб'єктивного характеру при визначенні признаків нечисловими (якісними)

візуальними методами. Тому для отримання об'єктивних оцінок авторами пропонується об'єднання критеріїв, надання їм числового значення як суми бальних оцінок і введення додаткових числових коефіцієнтів. Таке сумарне значення показника успішності інтродукції є акліматизаційним числом [6]. Найбільше його значення характеризує найвищий рівень успішності інтродукції. Акліматизаційне число має чотири складових, де поряд із показниками росту і генеративного розвитку, визначаються показники зимо- та посухостійкості рослин. Слід зазначити, що головне значення М.А. Кохно і А.М. Курдюк відводять зимостійкості рослин – коефіцієнт вагомості цього признака найвищий і дорівнює 10. Посухостійкість за цією методикою, є менш значним признаком стійкості рослин – коефіцієнт вагомості даного признака дорівнює 3.

Аналіз проведених з цього питання досліджень показав, що при інтродукції в різні природно-кліматичні райони може змінюватися значимість (або вагомість) признаків в залежності від факторів середовища. Ці розбіжності враховуються у методах інтродукції рослин в різних еколого-географічних районах [1,5]. Відомі модифікації методик інтегральної оцінки життєздатності рослин при інтродукції в різні природно-кліматичні умови. Пріоритет у цьому разі отримує показник стійкості рослин до головного лімітуючого фактора у певному районі. Так, в аридних умовах найбільшу величину коефіцієнта вагомості отримує показник посухостійкості [12].

Об'єкти і методи досліджень

Об'єктом досліджень слугували рослини 10 видів, інтродукованих в Дніпропетровському ботанічному саду, які відрізняються як за ботаніко-географічним, так і за систематичним походженням. Представники родів *Laburnum*, *Gymnocladus*, *Cercis*, *Cladrastis* належать до родини *Fabaceae*, рід *Ptelea* – до родини *Rutaceae*; рід *Echocorda* – до родини *Rosaceae*; рід *Eucommia* – до родини *Eucomiaceae*; рід *Koelreuteria* – до родини *Sapindaceae*; *Fontanesia* та *Ligustrina* – до родини *Oleaceae*. За природним походженням можна виділити групи рослин з Північної Америки, Китаю та Західної Європи. За життєвою формою це переважно дерева або деревоподібні кущі з досить великими компактними кронами. Досліджувані рослини відрізняються надзвичайно високими декоративними якостями, а деякі з них володіють корисними та лікарськими властивостями [2]. Тому ці мало відомі в культурі рослини, екзотичні для степової зони, досліджувались нами на предмет їх стійкості до умов регіону з послідовними рекомендаціями для впровадження їх в асортимент рослин для озеленення територій різного призначення.

Вивчення ритміки сезонного росту й розвитку рослин проводили за загальноприйнятою методикою фенологічних спостережень в модифікації І.О. Зайцевої [4], польову оцінку зимо- та посухостійкості – за бальною шкалою [6].

Кількісний вміст білків визначали за методом Бредфорд [15].

Математичну обробку результатів проводили за методом статистичного аналізу, їх достовірність при $P=0,95$ [11].

Результати та їх обговорення

В умовах Степового Придніпров'я, де проводились наші дослідження, найбільш важливим критерієм успішності інтродукції, ми вважаємо саме посухостійкість рослин, тому що майже кожний рік інтродуценти потерпають від посухи та гідротермічного стресу. Наприклад, у роки спостережень (2005 р.) було два періоди посухи – в травні і особливо глибока і тривала посуха з липня по вересень, у 2006 р. – посуха в липні. Роки без посушливих періодів для Степового Придніпров'я є скоріше винятком.

Щодо умов зимового періоду, то навпаки, роки з суворими зимами трапляються нечасто. Як особливо несприятливу можна відзначити зиму 2006 року, коли в січні та лютому тривалий час (2-3 декади) температура досягала від мінус 20°C до мінус 25 °C. Умови ускладнювалися ще й тим, що різке зниження температури відбулося після дуже теплих листопада і грудня. А перед цим рослини знаходилися тривалий час в умовах жорсткого гідротермічного стресу. Таким чином властивий інтродуцентам рівень морозостійкості може значно знизитися під впливом умов попереднього теплого періоду року. Більш вологолюбні рослини, які характеризуються в цілому достатньою морозостійкістю, можуть постраждати взимку сильніше, ніж навіть теплолюбні посухостійкі рослини.

Враховуючи особливості погодних умов в роки досліджень, найбільш імовірну оцінку життєздатності рослин можна отримати при аналізі польової посухостійкості у період вегетації 2005 року та польової зимостійкості у зимовий період 2006 року.

Польову оцінку посухостійкості рослин проводили візуальними методами. Результати представлені в табл. 1. Враховували такі ознаки:

- а) ступінь тургесцентності, або зав'ядання листя;
- б) наявність некрозів і опіків на листі, змінення забарвлення листя – літнє пожовтіння;
- в) скорочення листової поверхні – сухе листя, літній листопад.

Результати оцінки стану рослин за цими признаками наведені в табл. 1 по трьом строкам спостережень: у липні, серпні і вересні.

Ступінь зав'ядання враховували за 3-х бальною шкалою: 1 бал – втрата тургору листям; 2 бали – початок висихання листя; 3 бали – висихання всієї листової пластинки.

Ступінь зміни забарвлення листя, пожовтіння, опіки відмічали як +, ++, +++ по мірі збільшення пошкоджень. Такими ж позначками відмічали втрату листя – літній листопад. В останньому

стовпчику таблиці наводиться узагальнений бал стійкості рослин в умовах глибокої посухи. Загальну стійкість, як інтегральну характеристику попередніх показників, оцінювали за 5-ти бальною шкалою: 5 балів – високо стійка порода; 4 бали – стійка; 3 бали – недостатньо стійка; 2 бали – мало стійка; 1 бал – нестійка порода.

Таблиця 1. Польова оцінка посухостійкості деревних екзотів.

Table 1. The field study of the wood exotes' drought-resistance.

Вид	Липень			Серпень			Вересень			Ступінь посухостійкості
	а*	б*	в*	а	б	в	а	б	в	
<i>Gymnocladus dioicus</i>						+		+	++	5
<i>Ptelea trifoliata</i>					+			++		5
<i>Cladrastis lutea</i>	1			2	+	+	3	+	++	3
<i>Cercis canadensis</i>		+		1	++	+	1	++	+	4
<i>Laburnum anagyroides</i>			+		+	++		++	++	4
<i>Ligustrina pekinensis</i>							0,5			5
<i>Koelreiteria paniculata</i>				0,5	+		1,5	+	+	4
<i>Eucommia ulmoides</i>	0,5			1	+		2	+		4
<i>Exochorda giraldii</i>					+	+	1	+	+	4,5
<i>Fontanesia fortunei</i>	1		+	1,5	+	++	2	++	+++	3

Примітка. * – зміст критеріїв оцінки посухостійкості рослин зазначений в тексті при посиланні на таблицю

Польова оцінка стійкості рослин за візуальними ознаками у період глибокої тривалої посухи і дії високих температур показала, що найбільш витривалими в таких умовах виявляються види із Західного і Центрального Китаю, тобто з областей, де виражені більш континентальні умови в теплу пору року (*Ligustrina*, *Koelreiteria*, *Eucommia*). Природні умови їх ареалів зростання знаходяться у Високогірній та Центрально-Азійській кліматичних областях і характеризуються високими середньомісячними температурами, тобто рослини добре переносять перегрівання. Але більша зволоженість клімату в природному ареалі є причиною недостатньої стійкості цих рослин до нестачі опадів, що виражається у втраті тургору листя (0,5-2 бали).

Приблизно такий же загальний бал посухостійкості мають види із Північної Америки. Серед них більшою мірою проявляються розбіжності в умовах природного зростання. Так, у *Cladrastis lutea*, що зростає у мусонному кліматі Атлантичного узбережжя з великою зволоженістю (коефіцієнт зволоженості клімату від 3,0 до 8,0 порівняно із 0,08 у Степовому Придніпров'ї) та доволі помірними температурами, спостерігається значна втрата тургору і зав'ядання листя (1-3 бали) та пожовтіння і опіки листя. Інші види показують більший ступінь витривалості до нестачі вологи, але недостатню стійкість до перегріву. Рослини

виду з Південної Європи – *Laburnum anagyroides* виявилися стійкими до перегріву і посухи, але загальна стійкість їх знижена до 4 балів за рахунок вираженої властивості втрачати частину транспіруючої поверхні листя під час посухи. Але цю властивість ми можемо вважати як адаптивну, яка загалом підвищує здатність рослин переносити тривалий гідротермічний стрес.

Менш стійкими в таких умовах виявилися рослини із Східного Китаю, особливо *Fontanesia fortunei*, яка порівняно з *Exochorda giraldii* займає більш південні райони ареалу, для яких характерні великі значення зволоженості та суми позитивних температур. Значна втрата листя на фоні їх зав'ядання і пожовтіння у рослин даного виду може розглядатися як ознака ураження їх посухою.

Польову зимостійкість рослин ми оцінювали під час низькотемпературного стресу та після закінчення зимового періоду. Зважаючи на те, що перед морозним періодом тривала тепла погода і в деяких видів рослин, що знаходилися у відносному спокої, спостерігався вихід з нього, ми оцінювали вплив низьких температур на пагони. У цей час відмічалися лише початкові фази вегетації рослин – у бобовника і кладрастиса – набухання бруньок, а у екзохорди і фонтанезії – розходження брунькових лусок і поява зеленого конусу.

Навесні, під час проведення фенологічних спостережень, в період відновлення вегетації,

враховували ступінь загибелі пагонів внаслідок обмерзання. Про це судили за відсутністю ростових процесів бруньок та за станом тканин

пагонів. Результати спостережень представленні в таблиці 2.

Таблиця 2. Польова оцінка зимостійкості деревних екзотів.
Table 2. The field study of the wood exotes' frigostability

Вид	Походження	Лютий	Травень	Ступінь зимостійкості
<i>Gymnocladus dioicus</i>	Північна Америка	–	–	5
<i>Ptelea trifoliata</i>	Північна Америка	–	–	5
<i>Cladrastis lutea</i>	Північна Америка	++	+	4
<i>Cercis canadensis</i>	Північна Америка	–	–	5
<i>Laburnum anagyroides</i>	Південна Європа	+	++	3
<i>Ligustrina pekinensis</i>	Китай	–	–	5
<i>Koelreiteria paniculata</i>	Китай	–	+	4
<i>Eucommia ulmoides</i>	Китай	–	++	3,5
<i>Exochorda giraldii</i>	Китай	+	+	4
<i>Fontanesia fortunei</i>	Китай	++	+++	2

Ступінь пошкодження відмічали як +, ++, +++ по мірі збільшення кількості обмерзлих пагонів. Слід зазначити, що застосована нами шкала дещо відрізняється від традиційних шкал морозостійкості [13], в яких відображається повний спектр всіх ступенів зимостійкості – від найнижчої (надземна частина вимерзає) до найвищої (не ушкоджується навіть абсолютно мінімальними для даного району температурами). Відповідно до цього встановлюються класи стійкості рослин (від п'яти до восьми класів). З огляду методичних особливостей проведення обліку взимку і на початку вегетації в ранньовесняний період, більш зручно виявляється 5-ти бальна система оцінки, яка складається по тому ж принципу, що і оцінка посухостійкості, тобто ми отримуємо не абсолютну зимостійкість, а відносну, як результат порівняння стійкості рослин досліджуваних видів. Найвищий ступінь зимостійкості позначається вищим балом (5 балів).

Отримані результати показують, що найбільш зимостійкими в районі інтродукції є північноамериканські види, що збігається з умовами їх природного зростання (за мінімальними річними температурами, амплітудою коливань між мінімумом і максимумом температури та за середньою температурою січня). Виняток становить *Cladrastis lutea*, який зростає в більш теплих умовах (температура січня від мінус 0,8°C до 5,7°C; мінімальні температури не нижчі мінус 17 °C). За таких обставин *Cladrastis lutea* має бути менш зимостійким, тим більше, що він має високий адаптаційний потенціал, виявити який можна за допомогою фізіолого-біохімічних досліджень.

Невелику зимостійкість показав *Laburnum*, що також узгоджується із кліматичними умовами

району природного зростання цього виду (південь Європи та Середземномор'я).

Види з Центрального і Західного Китаю різняться за стійкістю. Найбільш зимостійким є *Ligustrina*. У *Koelreiteria* і *Eucommia* ступінь зимостійкості знижується, напевне, через пригнічення рослин під час літньої посухи. Східнокитайські види також різняться за зимостійкістю – досить стійкою виявилася *Exochorda*, а найменшу стійкість показала *Fontanesia* (2 бали), яка ще влітку постраждала від посухи. Такі розбіжності екологічних властивостей цих видів вказують на існування різних фізіолого-біохімічних реакцій метаболізму, які обумовлюють їх адаптивний потенціал при інтродукції.

Польова оцінка стійкості рослин-інтродуцентів до умов степової зони знаходить своє відображення і підтвердження у кількісному складі розчинних білків в тканинах рослин. Розчинні білки є осмотично-активними речовинами, які накопичуються у відповідь на дію стресових факторів (посуха, низькі температури), тому вміст їх в листках і пагонах має суттєве інформативне значення при визначенні стійкості рослин до означених вище чинників.

В листках найбільш активне накопичення розчинних білків (табл. 3) відбувається в фазі вторинного росту, коли листки повністю сформовані, процеси метаболізму проходять в них активно, і листки виконують свою донорську роль. Так, у рослин як китайського, так і північноамериканського походження вміст розчинних білків в цій фазі росту і розвитку був найбільш високим і складав відповідно 0,972-0,456 і 2,545-0,605 мг/г; у рослин європейського походження – 1,641 мг/г.

Таблиця 3. Вміст розчинних білків в листках деревних екзотів (мг/ г біомаси)

Table 3. The content of soluble proteins in the wood exotes' leaves (mg/ g of biomass)

Вид рослини	Фази росту та розвитку		
	активний ріст	вторинний ріст	фізіологічний спокій
<i>Gymnocladus dioicus</i>	0,490±0,044	2,545±0,086	0,335±0,012
<i>Ptelea trifoliata</i>	0,415±0,004	1,778±0,029	0,371±0,09
<i>Cladrastis lutea</i>	0,390±0,011	0,695±0,020	0,189±0,039
<i>Cercis canadensis</i>	0,527±0,015	0,850±0,050	0,170±0,002
<i>Laburnum anagyroides</i>	0,322±0,017	1,641±0,025	0,349±0,050
<i>Ligustrina pekinensis</i>	0,626±0,015	0,972±0,033	0,233±0,023
<i>Koelreiteria paniculata</i>	0,697±0,013	0,674±0,054	0,466±0,035
<i>Eucommia ulmoides</i>	0,482±0,010	0,473±0,007	0,413±0,022
<i>Exochorda giraldii</i>	0,225±0,022	0,456±0,018	0,195±0,004
<i>Fontanesia fortunei</i>	0,665±0,027	0,613±0,043	0,243±0,005

З листків розчинні білки надходять в пагони, де вміст їх (таблиця 4) дещо нижчий ніж в листках: 0,567-0,343 (китайські види) і 0,665-0,296 мг/г (північно-американські види), але динаміка кількісного складу їх була ідентичною до листків, тобто максимальне накопичення речовин

притаманне фазі вторинного росту. З настанням фази фізіологічного спокою кількість розчинних білків в листках і пагонах зменшувалась, донорська функція листків зменшується, що підтверджується зниженням вмісту їх як в листках, так і пагонах (табл. 3,4).

Таблиця 4. Кількісний склад розчинних білків в однорічних пагонах деревних екзотів (мг/ г біомаси)

Table 4. The quantity content of the soluble proteins in the wood exotes' shoots (mg/g of biomass).

Вид рослини	Фази росту та розвитку				
	віднов-лення вегетації	активний ріст	вторинний ріст	фізіологічний спокій	примусовий спокій
<i>Gymnocladus dioicus</i>	0,656	0,356	0,665	0,297	0,360
<i>Ptelea trifoliata</i>	0,509	0,249	0,296	0,234	0,270
<i>Cladrastis lutea</i>	0,919	0,291	0,401	0,376	0,322
<i>Cercis canadensis</i>	0,550	0,414	0,491	0,244	0,316
<i>Laburnum anagyroides</i>	1,118	0,380	0,775	0,565	0,338
<i>Ligustrina pekinensis</i>	0,885	0,357	0,454	0,274	0,452
<i>Koelreiteria paniculata</i>	0,623	0,355	0,412	0,364	0,350
<i>Eucommia ulmoides</i>	0,394	0,180	0,343	0,195	0,204
<i>Exochorda giraldii</i>	0,660	0,450	0,567	0,395	0,359
<i>Fontanesia fortunei</i>	0,185	0,350	0,375	0,294	0,330

Аналіз одержаних даних показує, що у вегетативних органах рослин видів *Ligustrina pekinensis*, *Koelreiteria paniculata* (Китай), *Gymnocladus dioicus*, *Ptelea trifoliata* (Північна Америка) визначено найбільш високий вміст розчинних білків, що на біохімічному рівні підтверджує їх посухо- та зимостійкість і, навпаки, рослини з відносно невеликим вмістом розчинних білків в тканинах (наприклад, *Fontanesia fortunei* та інші) стійкістю до названих чинників не характеризуються.

Висновки

1. Ступінь зимо- і посухостійкості інтродукованих рослин переважно визначається природно-кліматичними факторами ареалу зростання. Виявлені для окремих видів пристосувальні властивості, які не відповідають цим умовам, обумовлюються широкою екологічною пластичністю метаболізму рослин. За умов дії стресових гідротермічних факторів – посухи і перегріву – вищий бал посухостійкості мають рослини, що зростають у більш

континентальних умовах Західного і Центрального Китаю, Північної Америки (*Gymnocladus dioicus*, *Ptelea trifoliata*, *Ligustrina pekinensis*, *Koelreuteria paniculata*, *Echochorda giralddii*). Найбільш зимостійкими, за даними польової оцінки, є північно-американські види, що відповідає умовам їх природного зростання.

2. Динаміка вмісту розчинних білків у вегетативних органах деревних екзотів узгоджується з фазами сезонного розвитку рослин

і певною мірою залежить від умов зволоження і температурного режиму. Відносно високий рівень накопичення розчинних білків у видів північно-американського походження характеризує їх підготовку до зимових умов.

3. Досліджувані рослини, в основному, адаптовані до умов степової зони, що дозволяє рекомендувати їх для використання в зеленому будівництві регіону.

1. Горб В.К. Зимостойкость и засухоустойчивость растений сиреней и трескунов, произрастающих в условиях Киева. // Интродукция и акклиматизация растений. – К., 1984. – Вып. 2. – С. 60-63
2. Деревья и кустарники декоративных городских насаждений Полесья и Лесостепи УССР / под общ. ред. Н.А. Кохно. – К.: Наук. думка, 1980. – 236 с
3. Зайцев Г.Н., Демидова С.Ф. К методике построения шкал для оценки зимостойкости древесных растений. // Бюл. Главн. бот. сада – М.: Наука – 1969. – Вып.72 – 48-52 с.
4. Зайцева И.О. Дослідження фенологіки деревних рослин. – Дніпропетровськ: Вид-во ДНУ, 2003. – 40 с.
5. Касава М.О. Масовий літній листопад дерев і чагарників в умовах Києва. // Акліматизація і інтродукція рослин. – К.: Наук. думка, 1965. – С.132-139
6. Кохно Н.А., Курдюк А.М. Теоретические основы и опыт интродукции древесных растений в Украине. – К.: Наук. думка, 1994. – 186 с.
7. Курдюк А.М. Акклиматизационная оценка интродукции восточноазиатских кленов в ЦРБС АН УССР. // Интродукция и акклиматизация растений. – 1990. – Вып.13. – С.26-27
8. Лапин П.И., Сиднева С.В. Оценка перспективности интродукции древесных растений по данным визуальных наблюдений. // Опыт интродукции древесных растений. – М.: Изд-во Главн. бот. сада АН СССР. – 1973. – С.7-67
9. Недуха О.М. Вплив водного дефіциту на листки рослин. // Укр. ботанічний журнал – 2001. – Т. 58, № 1. – С. 99-104
10. Пироженко О.О. Интегральная оценка интродукционной здатності далекосхідних рослин в умовах ЦРБС АН УССР. // Интродукція і акліматизація рослин. – 1978. – Вып. 12. – С. 35-40
11. Приседський Ю.Г. Статистична обробка результатів біологічних експериментів. – Донецьк: Кассиопея, 1999. – 210 с.
12. Русанов Н.Ф., Левкович М.Г., Абдулаев Н.Д. О диагностике засухоустойчивости интродуцированных деревьев и кустарников. // Матер. Междунар. науч. конф. «Проблемы дендрология на рубеже XX века». – М., 1999. – С.305-306
13. Федоровский В.Д. Морозостойкость древесных растений в Северной степи Украины. // Бюлетень Держ. Нікітського бот. саду. – 1999. – Вып. 79. – С.177-181
14. Янушквичус Л.Ю., Курдюк А.М. Оценка зимостойкости декоративных форм древесных растений. // Интродукция и акклиматизация растений. – 1994. – Вып. 19. – С.34-36
15. Bradford M.M. A rapid and sensitive method for quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle protein dye binding. // Anal. Biochem. – 1976. – P. 248-254

Отримано: 11 березня 2008 р.

Прийнято до друку: 12 травня 2008 р