

ОЦІНКА АДАПТИВНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ДЕРЕВНИХ ІНТРОДУЦЕНТІВ ЗА ФУНКЦІОНАЛЬНИМИ КРИТЕРІЯМИ

Проведено порівняльні дослідження метаболічних змін і вмісту мінеральних елементів у листках автохтонних та інтродукованих видів деревних рослин, що зростають у дендрарії одного з ботанічних садів Львова, упродовж вегетації та в критичні її періоди. Встановлено репрезентативні показники і критерії функціональної адаптації рослин, які можна використовувати для ранньої діагностики здатності екзотів акліматизуватися до нових умов вирощування.

Збагачення асортименту, активне залучення рідкісних та екзотичних декоративних форм рослин для озеленення населених пунктів України передбачають попереднє інтродукційне випробування нових видів, оцінку їхньої адаптивної здатності й можливої акліматизації до умов конкретного фізико-географічного району. Слід зазначити, що в науковій літературі трактування термінів "інтродукція" та "акліматизація" чітко не розмежоване [1, 3]. На нашу думку, інтродукція — це комплекс заходів із залучення рослин у сферу людських інтересів: фізичне перенесення рослин з природних місць зростання, акліматизація до нових умов, селекція найадаптованіших особин чи груп рослин, розмноження, а також виробниче впровадження у місця нового культивування. Отже, акліматизація в інтродукційному комплексі заходів — це по суті адаптація рослин до нових екологічних умов, а натуралізація — успішна реалізація адаптивного потенціалу виду за межами його природного ареалу.

Адаптаційні зміни в рослинах у трансформованому або новому для них середовищі тривають упродовж онтогенезу. Цей процес ми розглядаємо як прояв функціональної адаптації рослини. Наслідком функ-

ціональної адаптації, наприклад деревної рослини, в реальному (природному чи антропогенно трансформованому) екотопі, в умовах недостатньої/надлишкової дії природних життєво важливих факторів або впливу урбо- й техногенних, є кількісно-якісні зміни певних метаболічних реакцій окремих органів і організму в цілому. Результат адаптації може полягати у зміні балансу кількісних параметрів окремих метаболічних ланок, який властивий для оптимальних умов життя, в активнішому утворенні, нагромадженні чи витраті необхідних для організму сполук і мінеральних елементів. Зміни в балансі метаболітів відбуваються насамперед в асиміляційних органах. Ці адаптаційно-функціональні зміни в листках можна визначити за кількісними параметрами нагромадження органічних сполук, мінеральних елементів та їх співвідношенням у період вегетації рослин. Якщо дослідити залежність характеру і напрямку цих змін від стану рослин, то їх можна використати як загальний критерій для ранньої діагностики адаптивного потенціалу інтродуцентів.

Нині існує багато методів оцінки успішності інтродукції, зокрема деревних рослин, що враховують різноманітні показники життєздатності рослин, важливі для визначення перспективності їх вирощування

у нових умовах [1—4]. Завдання роботи полягало у порівнянні запропонованих нами критеріїв функціональної адаптації деревних видів із традиційними, що використовуються для діагностики стійкості й життєвості інтродуцентів.

Дослідження проводили на базі дендрарію Ботанічного саду Національного лісотехнічного університету України (НЛТУУ) (Львів), у найстарішій його частині, де сформовано колекцію зі 130 найнижчих таксонів деревних рослин [7]. Станом на 2000 р., у ботанічних колекціях Львова нарахувалося 1074 таксони деревних рослин, що належать до двох відділів, 39 порядків, 62 родин, 157 родів і загалом становлять 811 найнижчих таксономічних одиниць [6].

Польові дослідження і спостереження виконували традиційними методами, а для аналізу результатів акліматизації інтродуцентів застосовували комплексну методику М.А. Кохна [4]. Відбір проб із 31 модельного виду дерев здійснювали у пік літньої активності обмінних процесів або в динаміці. Листки піддавали температурній фіксації, всю масу розмелювали й розділяли на дві рівні частини. Потрібний об'єм матеріалу відбирали в двох повторностях. Хімічні аналізи виконували за Х.М. Починком [5]. Функціональні зміни в асиміляційному апараті визначали за вмістом та співвідношенням азотистих сполук за К'ельдалем, золи — за Лебедянцевим, клітковини — за Ганнебергом-Штоманом, ліпідів — за Русковським, цукрів — за Бертраном, крохмалю — за осадженням йодом і безазотистих екстрактивних речовин — за розрахунком. Статистична обробка параметрів показників здійснена за допомогою програм MS Excel 2000 і Statistica 6.0.

На підставі дослідження деревних рослин упродовж 1999—2000 рр. нами було виділено три їх групи за характером змін у динаміці асиміляції азоту листками (табл. 1). Першій групі інтродуцентів властива динаміка, простежена в місцевого *Fagus sylvatica* L. і його садових форм. Другу, най-

більшу групу видів становлять екзоти, в листках яких поступово зростає вміст азоту від червня до вересня. У третій групі інтродуцентів динаміка асиміляції азоту характеризувалася відчутним зниженням його вмісту в листках рослин у середині літа відносно початку та завершення вегетації або в цілому за сезон.

Залежно від ходу засвоєння мінеральних елементів також виділили три групи видів. Для першої характерне нагромадження зольних сполук у листках рослин упродовж вегетації, для другої — істотне зменшення їх поглинання в кінці вегетації, для третьої — значне зменшення надходження мінеральних елементів у листки лише в критичний період — у середині літа.

Частка цукрів у сухій масі листків досліджуваних деревних рослин становить 3,8—15,2%. У середині липня, коли вони є основним показником результативності фотосинтезу, прийнятним вважаємо діапазон від 5 до 10%. Автентичну до аборигенів динаміку вмісту цукрів у 1999 р. мали 9 екзотичних видів (див. табл. 1). Крохмаль в інтродуцентів відкладався й використовувався зі значними відхиленнями від природного ритму місцевих видів. Відмічено як нагромадження його впродовж усього вегетаційного періоду, так і значне зменшення у середині або в кінці вегетації порівняно з початком. У ході сезонного розвитку в листках місцевих видів поступово збільшувалася частка простих вуглеводів — безазотистих екстрактивних речовин (БЕР), що є загальним наслідком гідролітичних пристосувальних реакцій. Подібну до аборигенів динаміку вмісту БЕР мали 9 інтродуцентів як у 1999, так і в 2000 р. У другій групі екзотів спостерігалось поступове зменшення частки БЕР у сухій масі листків упродовж усього сезону, у третій — стрімке зменшення її у середині літа в критичний період вегетації.

На початку розвитку асиміляційних органів клітковина в них традиційно присутня у найвищій кількості (див. табл. 1). Її частка в сухій масі листків інтродуцентів колива-

Таблиця 1. Вміст метаболітів у листках деревно-чагарникових інтродуцентів дендрарію Ботанічного саду НЛТУУ (1999 р.), % на абсолютно суху масу

Вид	Перший відбір — 2 червня							Другий відбір — 7 липня							Третій відбір — 8 вересня						
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
Acantopanax pentaphyllum Marsh.	27,2	8,2	9,2	2,6	14,7	12,2	25,9	27,2	7,1	10,2	2,6	14,2	12,0	26,7	27,7	9,7	7,4	2,6	10,7	12,6	29,4
Aesculus hippocastanum L.	18,1	4,6	8,0	1,7	19,8	3,3	44,5	11,9	6,5	7,8	2,6	17,0	2,5	51,7	12,5	7,4	8,6	4,1	22,1	1,8	43,5
Castanea sativa Mill.	15,5	5,6	7,3	1,9	19,0	9,8	41,1	19,7	5,0	8,3	2,5	18,0	10,0	36,7	21,1	5,7	8,0	2,6	13,9	10,7	38,0
Chaenomeles japonica (Thunb.) Spach	31,9	5,9	9,4	2,9	12,3	9,0	28,7	32,8	5,0	11,0	2,7	11,7	8,2	28,7	32,3	6,5	9,7	2,4	6,9	8,3	33,8
Cotinus coggygria L.	13,1	1,7	11,4	2,1	13,2	7,8	50,7	17,3	1,8	11,8	2,2	11,2	7,1	48,6	20,2	3,1	10,4	2,4	9,0	7,5	47,4
Fraxinus lanceolata Borkh.	24,8	8,3	6,2	3,1	15,1	13,4	29,2	28,6	8,3	6,2	3,2	13,0	12,4	28,4	30,0	8,0	6,5	3,2	12,5	12,3	27,4
Ginkgo biloba L.	22,5	3,9	15,2	4,2	18,2	14,2	21,9	20,6	5,6	14,8	4,1	11,9	14,2	28,8	25,3	6,5	15,4	5,0	5,7	15,0	27,1
Gymnocladus dioica (L.) C.Koch	21,1	4,3	15,0	1,9	15,9	11,2	30,7	25,8	7,9	10,0	1,9	12,6	11,0	31,0	25,8	9,7	7,4	2,2	10,2	11,8	33,0
Hamamelis virginiana L.	25,8	3,5	9,5	3,1	17,7	7,9	32,6	27,7	4,2	9,1	2,9	14,9	7,6	33,7	24,8	4,7	8,9	3,1	12,1	8,0	38,5
Kolkwitzia amabilis Laxm.	28,1	6,0	6,8	3,2	16,1	10,7	29,0	28,6	7,7	6,4	3,2	12,7	10,8	30,6	30,0	8,0	6,7	3,3	9,4	10,3	32,4
Laurocerasus officinalis Roem.	17,3	6,1	10,1	4,2	17,2	17,1	28,0	21,6	5,3	12,3	5,4	11,8	17,6	26,1	23,4	4,4	11,8	5,6	9,8	16,9	28,1
Magnolia kobus DC.	29,1	4,8	9,8	2,5	19,5	9,5	25,0	27,2	7,5	7,4	2,4	14,2	11,1	30,2	27,7	5,7	7,6	2,1	17,0	9,1	30,7
Mahonia aquifolium Nutt.	10,3	4,6	11,6	3,2	20,7	14,6	35,1	9,8	5,0	11,6	2,0	23,0	13,7	34,9	12,2	7,1	10,7	2,5	19,2	15,0	33,4
Metasequoia glyptostroboides Hu et Cheng	23,9	4,2	12,3	3,8	15,6	10,6	29,6	24,4	3,4	12,8	4,1	14,1	10,3	31,1	27,7	3,9	11,6	4,2	10,5	10,3	31,9
Ptelea trifoliata L.	25,8	7,2	8,5	2,3	17,2	11,6	27,5	21,1	7,3	7,5	1,8	17,5	11,6	33,3	29,1	10,1	6,7	2,0	10,7	10,8	30,7
Robinia pseudoacacia L.	28,1	5,0	12,7	3,0	15,4	7,9	27,9	25,6	6,8	9,1	4,3	18,1	5,3	30,8	21,9	8,8	9,8	3,0	20,4	4,3	31,8
Sophora japonica L.	28,6	8,4	10,1	2,8	10,1	12,8	27,2	31,4	7,7	12,1	2,6	6,7	11,7	27,9	35,6	8,3	12,2	2,9	4,3	11,3	25,5
Weigela florida (Bunge.) A.DC.	23,0	4,4	9,9	3,6	14,7	11,8	32,6	26,7	7,1	7,7	3,5	12,6	12,2	30,3	28,1	8,1	7,1	3,5	10,6	12,6	29,9
Похибка за двофакторним дисперсійним аналізом — P ₀₅																					
між видами	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	—	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	—	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	—
між датами	0,00	0,00	0,00	0,12	0,00	0,14	—	0,00	0,00	0,00	0,12	0,00	0,14	—	0,00	0,00	0,00	0,12	0,00	0,14	—

Примітки: 1 — азотисті сполуки; 2 — зола; 3 — цукри; 4 — крохмаль; 5 — клітковина; 6 — ліпіди; 7 — безазотисті екстрактивні речовини.

лася від 4,3 до 23,0%. Жироподібні сполуки становили 1,8—17,6%. У аборигенів та добре акліматизованих інтродуцентів максимум

клітковини і мінімум ліпідів у листках зафіксовано в кінці вегетації, задовільно акліматизовані екзоти характеризувалися їх

підвищеним вмістом упродовж сезону.

Загалом вуглеводи в листках дерев становили від 56,9 до 85,2% сухої маси. До завершення вегетації більшість видів мала стійку динаміку зменшення частки вуглеводів в асиміляційному апараті.

Достовірні відхилення в балансах нагромадження й витрачання головних метаболічних сполук та мінеральних елементів у листках інтродуцентів від властивого автохтонним та акліматизованим видам підтверджені нами за допомогою дисперсійного аналізу Фішера за двохфакторною схемою (див. табл. 1). Отримані результати свідчать про адаптогенний тиск екологічних умов нового середовища. Визначено характер і діапазон кількісних змін вмісту метаболітів у листках інтродукованих деревних рослин упродовж вегетації та запропоновано універсальні та репрезентативні показники як критерії функціональної адаптації (табл. 2). До них належать не тільки прямі показники, а й розраховані співвідношення метаболітів у листках рослин. За допомогою цих критеріїв можна встановити ступінь негативного впливу екологічних умов середовища на конкретну рослину.

Переконавшись у виразності адаптивних фізіологічних реакцій місцевих та інтродукованих деревних видів на умови вирощування, ми порівняли ступені їх акліматизації за виявленими в їхніх листках змінами хімічного складу сухої речовини. Для цього параметри найбільш залежних 5 показників (табл. 3) згруповані нами в дві категорії для кожного виду дерев. Перша категорія — це зміни, що відповідають нормальним рівням та діапазонам і традиційно властиві стійким автохтонним видам ("н"). Друга категорія — погіршення відносно цих параметрів або вихід за межі норми. Кожний з показників, який відповідає нормі, оцінювався десят'ю балами, а той, що виходить за межі норми, — нулем.

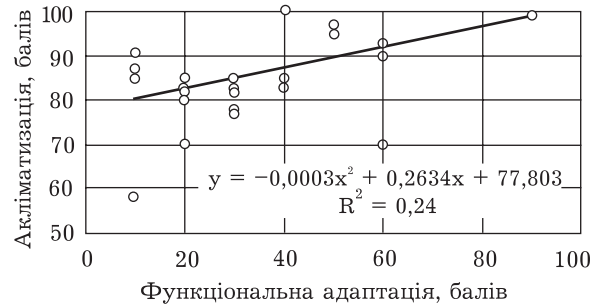
Порівняння всіх оцінок показало, що загалом акліматизаційні числа багатьох інтродуцентів, на перший погляд, значно відрізняються від підсумкової оцінки їхньо-

Таблиця 2. Параметри найбільш репрезентативних та універсальних показників динаміки хімічного складу листків як критерії функціональної адаптації деревних рослин в урбанізованому середовищі

Показники вмісту метаболітів та їх співвідношення в листках рослин	Параметричні критерії	
	Нормальний діапазон і рівень у критичний період	Нормальна зміна вмісту за період вегетації
Вміст відновлюваних цукрів у фазі активного приросту листків і пагонів (травень—червень), % у сухій масі	5—10	Від найбільшого на початку до найменшого в кінці
Вміст крохмалю в найактивніший період асиміляції (липень), % у сухій масі	1,5—3,0	Від середнього на початку до найвищого у середині та мінімального в кінці
Вміст клітковини в найактивніший період асиміляції (липень), % у сухій масі	12—22	Від найбільшої пропорції на початку до найменшої в кінці
Відношення суми БЕР до загальної кількості клітковини й ліпідів (індекс водорозчинних вуглеводів), відн. од.	1,2—1,8	Від мінімального на початку до максимального в кінці
Відношення частки цукрів до загального вмісту зольних речовин, відн. од.	1,0—2,0	Від максимального на початку до мінімального в кінці
Індекс збалансованості елементного живлення (відношення частки зольних елементів до загального азоту), відн. од.	1,0—2,0	Від мінімального на початку до максимального в кінці
Індекс ефективності мінерального живлення (відношення частки вуглеводів до суми загального азоту й зольних елементів), відн. од.	6,0—9,0	Від максимального на початку до мінімального в кінці

Таблиця 3. Порівняльна оцінка адаптованості інтродуцентів в урбаністичній екосистемі Львова за показниками метаболічних змін у листках ("н" — норма; "-" — відхилення; в чисельнику — за вмістом у середині літа; в знаменнику — за вегетаційною динамікою)

Вид	Показник						Функціональна адаптація, балів
	Акліматизація, балів	Цукри	Крохмаль	Клітковина	Сума БЕР / клітковина + ліпідів	Цукри/зола	
Robinia pseudo-acacia L.	100	н/н	н/-	н/н	н/н	н/н	90
Aesculus hippocastanum L.	100	н/-	н/-	н/-	-/-	н/-	40
Fraxinus lanceolata Borkh.	97	-/-	н/-	н/н	н/н	-/-	50
Hamamelis virginiana L.	97	н/-	н/-	н/н	н/-	-/-	50
Ptelea trifoliata L.	95	н/н	-/-	н/-	н/н	-/-	50
Magnolia kobus DC.	90	н/н	н/-	н/-	н/-	н/-	60
Ginkgo biloba L.	87	-/-	-/-	-/-	-/-	н/-	10
Mahonia aquifolium Nutt.	85	-/-	н/-	-/-	-/-	-/-	10
Cotinus coggygria L.	85	-/-	н/-	-/-	-/-	-/-	10
Kolkwitzia amabilis Laxm.	85	-/-	-/-	-/-	н/-	н/-	20
Weigela florida (Bunge.) A.DC.	85	н/н	-/-	-/-	н/-	-/-	30
Castanea sativa Mill.	83	н/-	н/-	н/н	-/-	-/-	40
Gymnocladus dioica (L.) C.Koch	83	-/н	н/-	-/-	-/-	-/-	20
Chaenomeles japonica (Thunb.) Spach	82	-/-	н/-	-/н	-/н	н/-	30
Sophora japonica L.	78	-/-	н/-	-/н	-/н	н/-	30
Acanthopanax pentaphyllum Marsh.	77	-/-	н/-	-/н	н/-	-/-	30
Metasequoia glyptostroboides Hu et Cheng	70	-/-	-/-	-/н	-/н	н/-	20
Laurocerasus officinalis Roem.	58	-/-	-/-	-/н	-/н	-/-	10



Регресійна модель залежності показників пристосування деревних інтродуцентів, отриманих методами оцінювання рівнів функціональної адаптації та ступенів акліматизації ($N = 31$; $r = 0,49$; $F_{\phi} = 9,058$; $P = 0,005$)

го пристосування за метаболічними реакціями в урбаністичній екосистемі Львова (див. табл. 3). Проте результати статистичного аналізу дозволяють стверджувати, що існує математично достовірною середня пряма кореляція між цими оцінками. Графічна модель і рівняння регресії показників пристосування деревних інтродуцентів, отриманих за допомогою різних методів оцінювання, наведені на рисунку.

Таким чином, з високим рівнем вірогідності можна передбачати успішну акліматизацію інтродуцентів, які характеризуються більшою кількістю метаболічних реакцій, що є нормою для аборигенних видів деревних рослин. Тобто, проаналізувавши хімічний склад листків інтродуцентів, встановлений нами за кількісними показниками та індексами в екстремальні періоди вегетації, можна визначити потенційну здатність виду щодо адаптації до нових умов вирощування.

Підсумовування оцінок за функціональними показниками (див. табл. 3) дало змогу розподілити інтродуценти на три групи: стійкі — 50 і більше балів (*Robinia pseudo-acacia*, *Ptelea trifoliata* тощо), пластичні — 20—40 балів (*Aesculus hippocastanum*, *Gymnocladus dioica* та ін.), вразливі — 0—10 балів (*Mahonia aquifolium*, *Laurocerasus officinalis* тощо). У першій групі екзоти мають переважно високі акліматизаційні чис-

ла — 95—100 балів, у другій — як менші, так і високі (від 82 до 100 балів), а в третій — найменші (від 58 до 87 балів).

Отже, інтродуценти, які отримали 50 і більше балів за такою класифікацією, на нашу думку, є придатними для вирощування у лісопаркових зонах, парках і скверах загального користування, зокрема в умовах, подібних до Львівщини. Інтродуценти, оцінка яких становить 20—40 балів, рекомендуємо культивувати у захищених внутрішньоквартальних, міжбудинкових садах, скверах і дворових насадженнях, де формуються пом'якшені кліматопопи та найсприятливіші, захищені від витоптування едатопопи. Екзоти, які мають оцінку менше 20 балів, окрім аналогічних вимог щодо розміщення, додатково потребують спеціальних компенсаційних заходів утримання: захист від підмерзання, пересушування ґрунту й повітря, агресивних техногенних викидів. За такого підходу вони мають перспективи для подальшої ступінчастої акліматизації і селекції стійких форм.

1. Івченко А.І., Гнатів П.С., Мельник А.С., Ган Т.В. Акліматизація деревних інтродуцентів у Ботанічному саду УкрДЛТУ // *Наук. вісн. УкрДЛТУ*. — 1999. — Вип. 9.9. — С. 39—44.

2. Кищенко И.Т., Шуляковская Т.А. Динамика углеводов у представителей рода *Picea* (Pinaceae) в условиях интродукции // *Ботан. журн.* — 1997. — 82. — № 6. — С. 103—108.

3. Коршиков И.И., Терлыга Н.С., Бычков С.А. Популяционно-генетические проблемы дендротехногенной интродукции (на примере сосны крымской). — Донецк: ООО "Лебедь", 2002. — 328 с.

4. Кохно Н.А. Клены України. — К.: Наук. думка, 1982. — 182 с.

5. Починок Х.М. Методы биохимического анализа растений. — К.: Наук. думка, 1976. — С. 5—77.

6. Третяк П.Р., Гнатів П.С., Щербина М.О. Дендрофлора ботанічних садів загальнодержавного значення Львівщини // *Наук. вісн. УкрДЛТУ*. — 2000. — Вип. 10.3. — С. 133—156.

7. Gnativ P. The conservation of biodiversity in the Botanical Garden of Ukrainian State University of Forestry and Wood Technology // *Botanische Gärten und Erhaltung Biologischer Vielfalt. Ein Erfahrungsaustausch.* — Berlin: Bundesamt für Naturschutz, 2001. — S. 105—106.

Рекомендував до друку П.С. Булах

П.С. Гнатів¹, И.И. Коршиков²

¹ Інститут екології Карпат НАН України, Україна, г. Львів

² Донецький ботанічний сад НАН України, Україна, г. Донецьк

ОЦЕНКА АДАПТИВНОГО ПОТЕНЦИАЛА ДРЕВЕСНЫХ ИНТРОДУЦЕНТОВ ПО ФУНКЦИОНАЛЬНЫМ КРИТЕРИЯМ

Проведены сравнительные исследования метаболических изменений и содержания минеральных элементов в листьях автохтонных и интродуцированных видов древесных растений, произрастающих в дендрарии одного из ботанических садов Львова, в течение вегетации и в критические ее периоды. Установлены репрезентативные показатели и критерии функциональной адаптации растений, которые можно использовать для ранней диагностики способности экзотов акклиматизироваться к новым условиям выращивания.

P.S. Hnativ¹, I.I. Korshykov²

¹ Carpathian Ecology Institute, National Academy of Sciences of Ukraine, Ukraine, Lviv

² Donetsk Botanical Gardens, National Academy of Sciences of Ukraine, Ukraine, Donetsk

ESTIMATION OF ADAPTIVE POTENTIAL OF ARBOREAL INTRODUCTIVES BY FUNCTIONAL CRITERIONS

Comparatives researches of metabolic changes and mineral elements content in leaves of autochthonous and introductive arboreal plants species, growing in one of the arboretum of Lviv have been conducted during vegetation and its critical periods. Representative indices and criterions of functional adaptation of plants, which are suggested to be used for early diagnostics of the ability of exotives to acclimatize to new conditions of cultivation.