

Для розширення і уточнення асортименту адаптованих до екологічно напруженого довкілля порід потрібно продовжити дослідження наслідків корекції мінерального живлення аборигенних та інтродукованих видів і форм як асиміляційної бази їх життєвості, а також як основи технологічних заходів вирощування дерев у певних умовах зростання.

Література

1. Безсонова В. П., Гриний З. В. Накопичення запасних речовин у насінні *Acer platanoides* L. та *A. negundo* L. під впливом промислових викидів // Укр. ботан. журн. — 1998. — Т. 55. — № 3. — С. 289.
2. Безсонова В. П., Дубова О. В. Зміни вмісту вуглеводів у пагонах троянд в умовах забруднення навколишнього середовища // Укр. ботан. журн. — 1995. — Т. 52. — № 1. — С. 82—84.
3. Гнатів П. С. Біохімічні ознаки метаболізму листків в зв'язку з умовами мінерального живлення дерев // Науковий вісник. — Вип. 9.9. — Львів: УкрДЛТУ, 1999. — С. 73—80.
4. Гнатів П. С., Артемовська Д. В. Асиміляція елементів живлення фотосинтетичним апаратом дерев у різних екологічних умовах // Науковий вісник. — Вип. 10. — Львів: УкрДЛТУ, 1998. — С. 19—24.
5. Гнатів П. С., Артемовська Д. В. Застосування методу мінералотрофної діагностики у вивченні стану деревних рослин // Науковий вісник. — Вип. 5. — Львів: УкрДЛТУ, 1998. — С. 235—238.
6. Горнишина Т. К. Фотосинтетический аппарат растений и условия среды. — Л.: Изд-во ЛГУ, 1989. — 204 с.
7. Гребінський С. О., Баран Є. І., Горб Л. К., Гарголя М. С. Фізіологічні дослідження декоративних деревних порід, інтродукованих у Ботанічному саду Львівського університету // Вісник. Серія біологічна. — Вип. 5. — Львів: В-во Львівського університету, 1971. — С. 91—102.
8. Гродзинский Д. М. Надёжность растительных систем. — К.: Наук. думка, 1983. — 368 с.
9. Кищенко Н. Т., Шуляковская Т. А. Динамика углеводов у представителев рода *Picea* (Pinaceae) в условиях интродукции // Бот. журн. — 1997. — Т. 2. — № 6. — С. 103—108.
10. Жеребцова Г. П. Изменение жизнеспособности древесных растений в условиях городской среды: Автореф. дис... канд. биол. наук: 06.03.01 / Моск. лесотехн. институт. — М., 1976. — 32 с.
11. Кретович В. Л. Биохимия растений. — М.: Высшая школа, 1986. — С. 162—198, 262—278.
12. Кретович В. Л. Обмен азота в растениях. — М.: Наука, 1972. — 525 с.
13. Молчанов А. А. Воздействие антропогенных факторов на лес. — М.: Наука, 1978. — 139 с.
14. Починков Х. М. Методы биохимического анализа растений. — К.: Наук. думка, 1976. — С. 5—77.
15. Погребняк П. С. Обмін зольних речовин між деревною рослинністю і ґрунтом // Лісова екологія і типологія лісів. — К.: Наук. думка, 1993. — С. 227—231.
16. Разумов В. А. Массовый анализ кормов. — М.: Колос, 1982. — 176 с.
17. Разумов В. А. Справочник лаборанта—химика по анализу кормов. — М.: Россельхозиздат, 1986. — С. 94—244.
18. Современные методы химического анализа почв и растений / Зубенко В. Ф., Ковальчук В. П. и др. — К., 1984. — С. 138—148.
19. Bergmann W. Farbatlas Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen: Visuelle und analytische Diagnose / VEB Gustav Fischer Verlag Jena, 1986. — 306 p.
20. Karolewski Piotr. Oddziaływanie tlenków azotu na rośliny drzewiaste // Życie drzew w skażonym środowisku. — Warszawa—Poznań: PWN, 1989. — S. 129—142.

УДК 581.192(630.161.3)+581.52

П. С. Гнатів

Український державний лісотехнічний університет

СЕЗОННА ДИНАМІКА МЕТАБОЛІЧНОЇ АДАПТАЦІЇ ЛИСТКІВ ДЕРЕВНИХ ПОРІД У АНТРОПОГЕНІЗОВАНОМУ ЕКОЛОГІЧНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

Розглянуто актуальність нових біохімічних показників адаптації деревних порід. Представлено оригінальні дані досліджень сезонної динаміки структурнометаболічного пристосування листків дерев у міському довкіллі. Дана статистична оцінка детермінованості та описана репрезентативність метаболічних показників стану фотосинтезуючого листового апарату рослин.

Hnativ P. S.

Seasonal dynamics of metabolism adaptation leaves of trees in anthropogenic environment

The actual of new biochemical signs of adaptation of woody species are examined. The original results of exploration of metabolism adaptation seasonal mutation leaves of trees in anthropogenic environment are represented. The statistic mark of representative of metabolic signs of the condition leaves of plants is given.

Підвищена загазованість та задимленість повітря, особливості температурного та водного режимів атмосферного повітря і ґрунту, несприятливі хімічні та фізико-механічні властивості ґрунту, наявність кам'яних та металевих поверхонь, асфальтне покриття вулиць та площ, наявність підземних комунікацій і споруд в зоні кореневої системи, додаткове освітлення рослин в нічний час, інтенсивний рекреаційний режим використання міських насаджень населенням — це ті важливі фактори, що зумовлюють специфічність екологічного середовища міста і його різку відмінність від оптимального природного довкілля, в якому сформувалися фізіолого-біохімічні особливості рослин [6, 13].

Збереження існуючих насаджень і збільшення їх віку є однією з найактуальніших проблем покращення умов міського середовища і скорочення витрат на благоустрій територій. Однак, в даний час розробка сучасної системи догляду за міськими зеленими насадженнями ускладнена у зв'язку з відсутністю відомостей про особливості росту деревних рослин в міських умовах, конкретних даних про напрямки та характер змін основних фізіологічних та біохімічних процесів під дією умов міського середовища, а також розвитку адаптації дерев у створених умовах. Все ще відсутні науково обґрунтовані положення відносно віку дерев, у якому вони є найбільш вразливими щодо впливу міського середовища. Сучасна література описує в основному тільки морфологічні зміни рослин [8]. В той же час поява зовнішніх ознак ослаблення свідчить про глибокі внутрішні якісні зміни, пов'язані з незворотністю процесів життєдіяльності і які неможливо виправити шляхом агротехнічних заходів [1, 6, 4, 13].

За дослідженнями Жеребцової Г. П. [6], ослаблення інтенсивності фотосинтетичної діяльності та біосинтезу хлорофілу деревних рослин в місті викликає зменшення кількості розчинних вуглеводів, які нагромаджуються в процесі вегетації. Рослини в умовах міської вулиці порівняно з одновіковими деревами в парку містять значно меншу як в цілому суму вуглеводів, так і окремо

розчинних цукрів та крохмалю: у липи серцелистої (*Tilia cordata* Mill.) в листках до 47 %, пагонах до 21 %, в коренях до 35 %; у клена гостролистого (*Acer platanoides* L.) відповідно до 65 %, 56 % та 26 %. Характер нагромадження вуглеводів, вміст крохмалю та цукрів, співвідношення їх між собою у деревних рослин, на думку автора, індивідуальний для виду. Інтенсивне листоутворення і активний ріст пагонів у клена здійснюється за рахунок одночасного використання нагромаджених в попередній період вегетації вуглеводів, а також за рахунок новосинтезованих. Довгий період росту пагонів і період дозрівання плодів у даної породи потребує довготривалого витрачання вуглеводів. В результаті чого впродовж всього періоду вегетації вміст цукрів як в листках, так і в пагонах у клена залишається дуже низьким: 2–4 мг на 1 г сухої речовини. Розхід цукрів у породи на вегетаційний ріст здійснюється з однаковою енергією у всіх умовах зростання дерев (різниця в 0,2–0,5 мг на 1 г сухої маси), в той же час нагромадження крохмалю відбувається в 3–3,5 рази інтенсивніше у дерев в парку. Зменшення запасу вуглеводів у клена на міських вулицях, що безпосередньо пов'язано зі зменшенням фотосинтетичної діяльності і біосинтезу хлорофілу, зменшує потенціальну енергію протікаючи в його тканинах фізіологічних та біохімічних процесів, а відповідно і ступінь життєздатності [6].

Липа в міських умовах, згідно з цими ж дослідженнями, здійснює недостатній синтез вуглеводів для забезпечення енергійного росту пагонів та утворення листової маси. Тому на міських вулицях дерева липи змушені, крім новосинтезованих, використовувати запасні вуглеводи, в той час як дерева паркових насаджень здійснюють свій вегетативний ріст, в основному за рахунок поточного фотосинтезу. Липа в умовах міських вулиць характеризується довготривалим нагромадженням крохмалю, чого не спостерігається в парку. Отже, цим пояснюється значно більша кількість цукрів весною у дерев по вулиці порівняно з деревами в парку.

За даними наших досліджень [5], в умовах Львова вміст цукрів в листках липи серцелистої і клена гостролистого дещо вищий, а закономірності вуглеводного обміну деревних порід інші.

На забруднення повітря різні види реагують неоднаково. За узагальненнями Судьної О.Г. [12], у більшості з них порушуються фотосинтетичний апарат, дихання та загальний метаболізм. Окремі види рослин мають специфічні механізми, що забезпечують їх стійкість до певних речовин. Так, до окислів сірки та азотних сполук досить стійкий *Acer pseudoplatanus* L. До певної концентрації SO_2 у повітрі рослини можуть відновлювати її до H_2S . Багато видів рослин добре переносять високі концентрації CO в повітрі і навіть можуть його асимілювати.

Аналіз результатів досліджень Безсонової В.П. і Грицай З.В. [2] показав, що в насінні *A. platanoides* L. і *A. negundo* L. вміст відновлюючих цукрів є невеликим, їх кількість впродовж всього періоду розвитку насіння зменшується у всіх варіантах досліду. Кількість відновлюючих цукрів у насінні кленів в умовах забруднення середовища впродовж формування насіння зменшується менш істотно, ніж у контролі. Але чим вищий рівень забруднення середовища інгредієнтами промислових викидів, тим більшою є концентрація відновлюючих цукрів у зрілому насінні. Оскільки, кількість відновлюючих цукрів змінюється адекватно рівню забруднення, то цей показник, на думку авторів [2], можна використовувати для індикації забруднення довкілля. Під-

вищення рівня відновлюючих цукрів у насінні обох видів клена може бути пов'язане із затримкою їх включення в синтез крохмалю.

У рослини, що зростають в умовах промислового забруднення [2], спостерігається зниження кількості ліпідів у насінні. Вміст запасних форм вуглеводів і жирів у насіння *A. platanoides*, незважаючи на те, що цей вид є абсорбентом, в умовах забруднення середовища SO_2 та важкими металами (Fe, Mn, Zn, Cu, Cr) змінюється більше, ніж у насінні інтродуцента *A. negundo*.

Вміст запасного крохмалю в насінні кленів невеликий, його кількість підвищується в ході формування насіння і досягає максимального значення в період повного дозрівання. В умовах забруднення середовища вміст крохмалю в насінні зменшується порівняно з контролем. В умовах впливу на рослини промислових викидів формується насіння, що містить менший запас високоенергетичних сполук — вуглеводів та ліпідів, ніж в контролі.

Перспективність інтродукції багаторічних рослин, в тому числі хвойних, на території з більш суворим кліматом визначається в основному ступенем їх зимостійкості. Цю реакцію рослини можна охарактеризувати цілим рядом показників, одним з яких є динаміка вуглеводного обміну впродовж року. Цікавими в цьому плані є дослідження Ботанічного саду Петрозаводського держуніверситету [7]. В них встановлено, що динаміка олігосахаридів під час росту у різних видів ялини неоднакова. Деякі інтродуценти за даним показником подібні з аборигенним видом, а інші різко від нього відрізняються. Виявлені інші особливості метаболізму вуглеводів у інтродуцентах: у *Picea obovata* Ledeb. і *P. mariana* Punc. рівень моносахаридів (глюкози і фруктози) набагато нижчий, ніж у місцевого виду; в той час як у інших інтродуцентів він набагато вищий. Крім того, у *P. omorica* Punc. і *P. pungens* Englem. у вегетаційний період спостерігається найменший вміст крохмалю, а у *P. obovata* його концентрація максимальна. Низький вміст цього запасного вуглеводу у хвої *P. pungens* в період вегетації можна пояснити розпадом його до розчинних цукрів, вміст яких є надзвичайно високим.

У сортових троянд в умовах контролю і в умовах забруднення система „цукор–крохмаль“ зазнає менш глибоких змін, ніж у найбільш зимостійкого об'єкта *Rosa canina* L. [3]. В першій фазі загартування в пагонах накопичується значно менше вуглеводів порівняно з контролем. У сортових троянд максимум накопичення крохмалю зміщується в часі з жовтня на листопад. Гідроліз крохмалю в період загартування відбувається менш інтенсивно, внаслідок чого накопичується менша кількість кріопротекторних цукрів, а це в свою чергу, призводить до ще нижчої концентрації. Крім того, в умовах дії на рослини промислових викидів зберігається значно вищий рівень крохмалю в зимовий період, що негативно впливає на зимостійкість. Чим вищим є рівень забруднення середовища, тим більше змінюються рівні вуглеводів у пагонах троянд порівняно з фоном.

Таким чином, нечисленні дослідження вуглеводного обміну, що опубліковані останніми роками, не дають однозначного трактування фізіолого-біохімічних ознак адаптації дерев у спотвореному техногенезом довкіллі. Тому виникають питання у їх практичному застосуванні для інтродукції і селекції стійких до забрудненого довкілля деревних порід, особливо у зв'язку з гоміодикцією біохімічних аналізів.

Метою наших досліджень було з'ясування сезонної динаміки метаболічних процесів в листках дерев, що як активні органи рослин безпосередньо контактують з деградованим довкіллям. Всі наші попередні дослідження структурно-метаболічного складу сухої речовини листків дерев виконано в липні з огляду на те, що в цей період вегетації асиміляційно-дисиміляційні процеси досягають піку активності [4, 5]. Для поглиблення знань про особливості метаболізму в різноманітних умовах зростання дерев нами в 1993–1994 рр. було проведено дослідження літньо-осінньої динаміки показників біохімічного складу листків ряду порід із застосуванням нових методів та засобів.

Методика досліджень. Для дослідження фізіолого-біохімічних ознак життєдіяльності рослин у зеленій зоні м. Львова виділено тест групи дерев (7–10 особин кожного виду) 20–30-річного віку з максимально близькими морфолого-таксаційними характеристиками [8]. *Quercus robur* L., *Acer platanoides* L. *Fagus sylvatica* L., *Cercidiphyllum japonicum* Sieb. et Zucc. зростають у лісовому масиві (варіант — ліс), міському парку (парк) та сквері (сквер), а також вздовж центральних вулиць (варіант — вулиця). На підібраних стаціонарних тест-об'єктах, що характеризуються наростаючою екологічною напруженістю виконано відбір проб для біохімічного аналізу за загальноприйнятими методиками [11, 10]. Нагони поточного року зрізали на висоті 5–6 м по 4–5 з кожного модельного дерева. Відповідно до схеми дослідження формувались середні проби по кожному варіанту, а згодом обчислювались середні показники за достовірними даними лабораторних аналізів. Еталонні зразки рослинної маси, що проаналізовано так званим „мокрим“ хімічним методом у лабораторії Рівненської ШІСХСІ, використано для калібрування інфрачервоного аналізатора „Інфраніпід-61“ [9], який вперше в дослідницькій практиці дендрології було використано для аналізу метаболічного складу сухої речовини листків.

Для роботи на інфрааналізаторі вибрано шість каналів для шести показників, а саме вмісту загального азоту і золи як поживних речовин, клітковини та ліпідів як домінуючих конструкційних вуглеводних полімерів, крохмалю як основного запасного енергетичного полісахариду листка, цукрів як первинних мобільних продуктів фотосинтезу або гідролізу полісахаридів.

Статистичний аналіз дослідних даних виконано за методикою Доспехова Б.О. (1985) з використанням ПК в середовищі Microsoft Excel.

Результати досліджень і обговорення. Дослідження структурно-метаболічного складу сухої речовини листків впродовж літньо-осінньої вегетації спектрометричним способом показало, що у ідентичні періоди відбору проб показники співпадають з отриманими хімічним способом аналізу, зокрема і у попередні роки [4, 5]. За аналізами 1993 року, дуб звичайний і клен гостролистий по-різному адаптуються до різноманітних умов зростання (табл. 1). Так вміст загального азоту в листках дуба знаходиться в діапазоні від 3,1 до 3,9 %, клена — від 2,3 до 3,0 %. Для обох порід ці діапазони є свідченням високої забезпеченості рослин азотом у даний вегетаційний період [14]. Але очевидними є мінімальні їх рівні в умовах природного лісового ценозу та зниження вмісту елемента в умовах деградованого довкілля вулиці. Якщо в умовах лісу у досліджуваній період дуб звичайний майже стабільно забезпечений азотом, то в умовах вулиці виявлена стала динаміка зниження його вмісту в листках. Клен гостролистий в лісі максимально поглинає азот в липні, а по вулиці — в серпні. Обидві породи найбільше елемента в середньому

за вегетацію нагромаджують у сквері і парку, чим створюють сприятливу метаболічну базу адаптації в урбогенних умовах.

Підвищена забезпеченість порід азотом у сквері і парку значною мірою сприяє активній акумуляції золи в листках. Так дуб звичайний в парку нагромаджує найбільше золи, а у лісі — найменше. При цьому якщо в умовах лісу максимум золи в листках виявлено в липні, то в умовах міста її акумуляція тривала, як правило, включно до вересня, а максимуму все ж досягла у найкращих для дуба умовах парку у серпні. Динаміка вмісту золи в листках клена і дуба у лісі, парку і сквері подібні, але об'єми їх майже у півтора разу нижчі, ніж у дуба. Лише динаміка асиміляції золи по вулиці свідчить про те, що у клена гостролистого, ймовірно, поступово з'являються проблеми метаболічного характеру у найскладніших екологічних умовах.

Про це свідчать всі усереднені (за вегетацію) показники вуглеводного метаболізму листків клена (табл. 2). А саме — найнижчий по всіх об'єктах середній вміст ліпідів, крохмалю, максимальний вміст цукрів та підвищена целюлозомісткість тканин порівняно зі сквером. У природних умовах лісу і (вже на нижчому рівні) у парку динаміка вмісту клітковини в листках клена подібні. Дуб звичайний поступово з просуванням від лісу до вулиці в середньому за сезон втрачає целюлозомісткість тканин листків, але за винятком скверу в серпні вже на завершенні сезону вміст клітковини у сухої речовини досягає максимуму.

Табл. 1. Сезонна динаміка вмісту азоту і золи в листках дуба звичайного і клена гостролистого, % у сухої речовини

Місяць відбору зразка	Дуб звичайний					Клен гостролистий				
	ліс	парк	сквер	вулиця	середнє	ліс	парк	сквер	вулиця	середнє
Загальний азот										
VI	3,1	3,6	3,6	3,8	3,53	2,7	2,8	2,9	2,7	2,78
VII	3,1	3,5	3,7	3,4	3,43	2,8	2,9	3,0	2,8	2,88
VIII	3,3	3,5	3,9	3,4	3,53	2,3	2,4	2,9	3,0	2,65
IX	3,1	3,6	3,2	3,3	3,30	2,4	2,6	2,7	2,9	2,65
Середнє	3,15	3,55	3,60	3,48	$F_{\text{ф}} < F_{\text{кр}} / NIP_{05}=0,3$	2,55	2,68	2,88	2,85	$F_{\text{ф}} < F_{\text{кр}} / F_{\text{ф}} < F_{\text{кр}}$
Зола										
VI	11,4	13,0	11,9	12,0	12,08	7,8	7,2	8,1	9,1	8,05
VII	11,7	13,2	12,1	12,1	12,28	7,8	7,6	8,0	7,1	7,63
VIII	11,4	16,5	11,9	12,4	13,05	9,1	9,6	9,1	8,5	9,08
IX	10,6	15,9	12,5	13,1	13,03	9,0	9,1	9,4	8,7	9,05
Середнє	11,28	14,65	12,10	12,4	$NIP_{05}=1,5 / F_{\text{ф}} < F_{\text{кр}}$	8,42	8,38	8,65	8,35	$F_{\text{ф}} < F_{\text{кр}} / NIP_{05}=0,81$

Більша кількість ліпідних сполук міститься в листках дерев переважно в першій половині вегетації (червень-липень). Високий вміст ліпідів в серпні зберігся лише у клена в лісі, що свідчить про ослаблення синтезу ліпідів як у

дуба, так і у клена у міру старіння листків. Крім цього, спостерігаються паралельні динаміки сезонного вмісту ліпідів у дуба в лісі і по вулиці та у клена — в парку. Наростання урбогенного навантаження від лісу до вулиці односторонньо негативно впливає на вміст ліпідів лише у клена починаючи з липня. У дуба втрата ліпідів по вулиці у порівнянні зі сквером спостерігається у всі місяці, крім серпня. Залишається нез'ясованим низький вміст ліпідів у листках дуба в парку, особливо у другій половині вегетації в той час, коли в середньому за сезон спостерігається тенденція до його нарощування, як адаптація до урбогенного пресу. Можливо це наслідок впливу сприятливих паркових умов, котрі не провокують утворення потужного покривного шару тканин на листках.

Табл. 2. Сезонна динаміка вмісту вуглеводів в листках дуба звичайного і клена гостролистого, % у сухій речовині

Місяць збору зразка	Дуб звичайний					Клен гостролистий				
	ліс	парк	сквер	вулиця	середнє	ліс	парк	сквер	вулиця	середнє
Цукри										
VI	10,9	6,9	9,7	9,7	9,3	8,8	9,2	9,2	9	9,05
VII	10,1	4,5	10	8,6	8,3	8,6	8,6	10	12	9,8
VIII	10,1	5	7,8	7,2	7,53	6,2	7,6	8,3	11,4	8,38
IX	11	3,6	6,1	3,7	6,1	6,2	7,6	8,8	10,2	8,2
Середнє	10,52	5	8,4	7,3	$F_{ф<F_{кр}}/$ $HP_{05}=2,70$	7,45	8,25	9,08	10,65	$F_{ф<F_{кр}}/$ $HP_{05}=1,72$
Крохмаль										
VI	2,7	2,7	3	2,9	2,83	2,6	2,7	2,7	3	2,75
VII	2,5	2,7	3	2,6	2,7	2,5	2,7	2,7	2,5	2,6
VIII	2,8	1,7	3,7	2,4	2,65	3,5	3,3	3,2	2,7	3,18
IX	3,2	2,4	2,9	2,6	2,78	3,3	3,1	2,9	2,6	2,98
Середнє	2,8	2,38	3,15	2,62	$F_{ф<F_{кр}}/ F_{ф<F_{кр}}$	2,9	2,88	2,88	2,7	$HP_{05}=0,39/$ $F_{ф<F_{кр}}$
Клітковина										
VI	25,1	25,4	22,8	20,0	23,43	20,4	17,9	18,7	23,6	20,15
VII	25,8	24,4	22,7	21,4	23,58	20,1	21,4	19,7	19,5	20,18
VIII	24,6	25,9	24,6	20,5	23,9	32,2	29,5	21,3	22,2	26,3
IX	27,2	26,6	23	23,2	25	29,2	24,5	23,2	21,2	24,53
Середнє	25,68	25,58	23,28	21,38	$F_{ф<F_{кр}}/$ $HP_{05}=1,66$	25,48	23,32	20,72	21,62	$F_{ф<F_{кр}}/$ $F_{ф<F_{кр}}$
Ліпіди										
VI	4,2	4,3	4,2	3,3	4	3	3,6	2,1	2,7	2,85
VII	4,4	3,3	4,5	4,1	4,08	3,9	3,7	2,5	1,2	2,83
VIII	1,9	1,3	1,9	2,7	1,95	4,2	2,8	1,1	1,6	2,43
IX	1,6	1,3	2,8	2,1	1,95	2,9	2,4	1,8	1,8	2,23
Середнє	3,02	2,55	3,35	3,05	$HP_{05}=0,85/F_{ф<F_{кр}}$	3,5	3,12	1,88	1,82	$F_{ф<F_{кр}}/$ $HP_{05}=0,96$

Безпосередні продукти фотосинтезу цукри і крохмаль — основні енергетичні ресурси листка. В середньому за сезон зростання урбогенного впливу на рослини зумовлює поступове збільшення вмісту простих вуглеводів — цукрів в листках клена. Ця закономірність дещо порушується лише на початку вегетації клена, поки листовий апарат ще відносно молодий. Важливо зауважити, що в другій половині вегетації підтримується чітка обернена залежність між вмістом цукрів та запасами крохмалю в клітинах. Очевидним є факт, що такий дисбаланс викликаний порушенням метаболізму продуктів фотосинтезу внаслідок проблематичності відкладання цукрів в запас у вигляді крохмалю, а також спрямування адаптивних процесів в напрямку гідролітичних реакцій. На підставі цього спостереження слід зробити висновок про підвищену чутливість вуглеводного обміну клена гостролистого до порушення природного стану довкілля.

Дуб менш однозначно реагує на це, оскільки в природних умовах лісу акумулює мало крохмалю, хоча містить найбільше цукрів в листках, що свідчить про сприятливі умови фотосинтезу і активніше використання його продуктів для росту, зокрема, для утворення клітковини. Листки дуба в умовах міста (за винятком липня в парку) поступово від початку до завершення сезону втрачають вміст цукрів, хоча зберігають здатність акумулювати крохмаль. Очевидно, дуб звичайний не так активно реагує на урбогенні зміни, як клен гостролистий, але, ймовірно, дещо слабкіше реагує на них активізацією неспецифічних гідролітичних реакцій адаптації.

Впродовж вегетаційного періоду 1994 року було досліджено динаміку основних метаболічних показників в листках інших деревних порід, а саме бука лісового та багрянника японського. Слід підкреслити, що бук зростає на Львівщині на межі свого природного ареалу, а багрянник є акліматизованим інтродуцентом.

Оскільки, на даних об'єктах подібні дослідження не проводилися і в науковій літературі не описані, нами було поставлено завдання встановити, яким чином саме ці породи реагують на урбогенні умови їх вирощування. Для цього було передбачено чотири відбори рослинного матеріалу у найбільш репрезентативних місцях зростання дерев у зеленій зоні Львова. Доцільно наголосити, що вуличні насадження обох порід знаходяться у промисловій зоні підприємств і під безпосереднім впливом промислових викидів.

Нами вперше досліджено, що в умовах Львівщини бук і багрянник асимілюють від 4,0 до 5,0 % азоту (табл. 3). Щодо динаміки метаболізму елемента, то у бука лісового його найбільше міститься в листках на початку сезону і найменше — у серпні. У природних лісових і паркових насадженнях хід асиміляції азоту в листках суттєво не відрізняється, а в напружених екологічних умовах вулиці спостерігається активізація надходження елемента з початку літа із поступовим подальшим спадом. Подібною динамікою характеризується акумуляція золи у вуличних насадженнях. У лісі і парку простежується традиційне поступове нарощування її вмісту в листках впродовж сезону. В цілому мінеральне живлення листків бука, що зростає по вулиці, є сприятливим і не засвідчує негативного впливу довкілля.

Багрянник японський нагромаджує азот на тому ж рівні, що і бук лісовий, але між його парковими і вуличними насадженнями значної різниці не простежується. Специфічною виявляється саме динаміка його надходження, особливо у парку, де

високий вміст азоту утримується впродовж всього літа. Вулиця як екологічне середовище все ж зумовлює зниження по ходу вегетації вмісту елемента в листках.

Рівень нагромадження золи багрянником у парку і по вулиці залишається однаковим, але повністю відрізняється від цього показника у бука як за характером, так і за кількістю. Отже, інтродуцент в аналогічних умовах має свої видові особливості мінерального живлення з ознаками ослаблення, що безумовно позначаються на метаболізмі вуглеводів.

Дослідження вуглеводного обміну листків бука лісового і багрянника японського надає нову інформацію про адаптацію порід у різноманітних умовах Львова (табл. 4). Безпосередні продукти фотосинтезу — цукри у бука в умовах лісу в листках не затримуються ні в первинному вигляді, ні у вигляді крохмалю, а швидко асимілюються у конструкторні та енергетичні полімери (клітковину, ліпіди тощо). Про це свідчить найменший по тест-об'єктах вміст в листках крохмалю і найвищий целюлози і ліпідів.

Табл. 3. Сезонна динаміка вмісту азоту і золи в листках бука лісового і багрянника японського, % у сухій речовині

Місяць відбору зразка	Бук лісовий				Багрянник японський		
	ліс	парк	вулиця	середнє	парк	вулиця	середнє
Азот							
V	4,6	4,6	4,3	4,50	4,0	4,0	4,00
VI	4,3	4,3	4,9	4,50	5,0	4,8	4,90
VII	4,5	4,3	4,6	4,47	4,6	4,3	4,45
VIII	4,2	4,1	4,4	4,23	5,0	4,4	4,70
Середнє	4,40	4,33	4,55	НІР ₀₅ = 0,18	4,65	4,38	НІР ₀₅ = 0,09
Зола							
V	13,3	11,6	11,3	12,07	9,7	9,7	9,70
VI	13,6	11,7	11,9	12,40	9,1	8,8	8,95
VII	14,0	12,0	11,2	12,40	9,1	9,0	9,05
VIII	15,5	12,3	10,5	12,77	8,1	8,8	8,45
Середнє	14,10	11,90	11,23	НІР ₀₅ = 0,22	9,00	9,08	НІР ₀₅ = 0,25

Целюлозомісткість листків бука в ході вегетації зменшується. Але, якщо у лісі і парку це відбувається поступово і приблизно на одному рівні, то у вуличних умовах — суттєво і до найменшого значення у серпні. У багрянника подібний хід зниження целюлозомісткості листків, але по вулиці на дещо вищому рівні показників порівняно з рослинами парку. Крім того, багрянник по вулиці синтезує підвищену кількість крохмалю та ліпідів при високому рівні вмісту цукрів упродовж всієї вегетації, що очевидно підтверджує високу адаптивну здатність акліматизованого південного інтродуцента у найжорсткіших за нашою схемою досліджень урбогенних умовах.

Умови вулиці спричиняють суттєве збільшення вмісту цукрів в листі бука, що може пояснюватися як активізацією фотосинтезу (парк, вулиця), так і

техногенним пресом на рослини, котрий викликає гідролітичні адаптивні реакції поряд з депресією синтезу полімерів в жорсткому вуличному довкіллі.

Таким чином, бук лісовий і багрянник японський відповідно до своїх ауто-екологічних особливостей по-різному реагують на деградоване довкілля, балансуючи вуглеводний метаболізм впродовж всієї сезонної вегетації.

Табл. 4. Сезонна динаміка вмісту вуглеводів у в листках бука лісового і багрянника японського, % у сухій речовині

Місяць відбору зразка	Бук лісовий				Багрянник японський		
	ліс	парк	вулиця	середнє	парк	вулиця	середнє
Цукри							
V	6,8	9,1	11,3	9,07	12,3	12,7	12,5
VI	6,5	9,2	10,2	8,63	13,5	14,5	14,00
VII	5,8	8,9	10,6	8,43	13,9	12,8	13,35
VIII	2,6	8,1	11,7	7,47	15,1	12,2	13,65
Середнє	5,43	8,83	10,95	НІР ₀₅ = 0,36	13,70	13,05	НІР ₀₅ = 0,30
Крохмаль							
V	2,2	2,2	2,6	2,33	2,2	2,9	2,55
VI	1,8	2,2	2,4	2,13	3,3	3,7	3,50
VII	1,8	2,2	2,6	2,20	3,5	3,2	3,35
VIII	1,2	2,2	2,9	2,10	4,1	3,6	3,85
Середнє	1,75	2,20	2,63	НІР ₀₅ = 0,13	3,28	3,75	НІР ₀₅ = 0,14
Клітковина							
V	25,8	26,3	23,4	25,16	16,0	16,2	16,10
VI	24,6	22,9	22,0	23,17	13,4	14,0	13,70
VII	25,6	22,5	20,4	22,83	9,9	13,0	11,45
VIII	22,9	22,0	16,6	20,50	5,4	8,4	6,90
Середнє	24,73	23,43	20,60	НІР ₀₅ = 0,70	11,18	12,9	НІР ₀₅ = 0,54
Ліпіди							
V	2,6	1,5	4,0	2,70	10,8	12,9	11,85
VI	2,9	2,2	1,3	2,13	11,1	12,2	11,65
VII	2,8	2,5	1,0	2,10	12,4	11,01	11,71
VIII	2,4	2,0	1,1	1,83	12,7	12,3	12,50
Середнє	2,68	2,05	1,85	НІР ₀₅ = 0,42	11,75	12,10	НІР ₀₅ = 0,40

Висновки і пропозиції. Дослідження динаміки вуглеводного метаболізму листків в екологічному середовищі зеленої зони Львова сприяло встановленню достовірної залежності більшості показників складу їхньої сухої речовини як від місця зростання дерев, так і від термінів відбору рослинних зразків.

Дисперсійний аналіз дозволяє стверджувати достовірну пряму або обернену взаємодію цих двох факторів у впливі на метаболічний склад сухої речовини листків різних порід.

Дуб звичайний, клен гостролистий, бук лісовий і багряник японський мають видові особливості адаптації вуглеводного метаболізму листків у деградованому довкіллі Львова і суттєво різняться між собою за динамікою пристосування за конкретними показниками, а також за чутливістю вуглеводного балансу листків до зовнішніх умов.

Вперше у дослідницькій практиці дендрології показано, що застосування інфрачервоної спектроскопії забезпечує можливість впродовж 3–5 днів відібрати, опрацювати і проаналізувати рослинний матеріал на предмет складу сухої речовини листків. Отримані дані з високою достовірністю відображають реальну картину метаболічної адаптивної реакції листового апарату на різноманітні умови зростання деревних порід з індивідуальними аутоекологічними властивостями.

Література

1. Безсонова В.П. Вплив важких металів на пігментну систему листка // Укр. ботан. журн. — 1992. — Т. 49. — № 2. — С. 63 — 65.
2. Безсонова В.П., Гриняй З.В. Накопичення запасних речовин у насінні *Acer platanoides* L. та *A. negundo* L. під впливом промислових викидів // Укр. ботан. журн. — 1998. — Т. 55. — № 3. — С. 289.
3. Безсонова В.П., Дубова О.В. Зміни вмісту вуглеводів у пагонах троянд в умовах забруднення навколишнього середовища // Укр. ботан. журн. — 1995. — Т. 52. — № 1. — С. 82 — 84.
4. Гнатів П.С. Ендофоліаметаболічний метод діагностики дендрофлори // Український ліс. — 1994. — № 1. — С. 35.
5. Гнатів П.С., Артемовська Д.В. Застосування методу мінералотрофічної діагностики у вивченні стану деревних рослин // Науковий вісник. — Вип. 5 — Львів: УкрДЛТУ, 1998. — С. 235—238.
6. Жеребцова Г.П. Изменение жизнеспособности древесных растений в условиях городской среды: Автореф. дис... канд. биол. наук: 06.03.01 / Моск. лесотехн. институт. — М., 1976. — 32 с.
7. Кищенко И.Т., Шуляковская Т.А. Динамика углеводов у представителей рода *Picea* (Pinaceae) в условиях интродукции // Бот. журн. — 1997. — Т. 82. — № 6. — С. 103 — 108.
8. Методические рекомендации по исследованию состояния уличных насаждений городов. — Львов: ЛЛТИ, 1989. — 8 с.
9. Методические указания по работе на инфракрасном анализаторе „Инфранд — 61“. — М.: ЦИНАУ, 1986. — 32 с.
10. Починков Х.М. Методы биохимического анализа растений. — К.: Наук. думка, 1976. — С. 5—77.
11. Разумов В.А. Массовый анализ кормов. — М.: Колос, 1982. — 176 с.
12. Судьина О.Г. Сучасні напрямки розвитку біохімії рослин // Укр. ботан. журн. — 1988. — Т. 45. — № 3. — С. 8—15.
13. Шихова Н.С. Биохимическая оценка состояния городской среды // Экология — 1997. — № 2 — С. 146—149.
14. Шумаков В.С., Фёдорова Е.Л. Применение минеральных удобрений в лесу. — М., 1970. — 88 с.

УДК 630.232.12

О.Т. Данчук

Український державний лісотехнічний університет

ЗНАЧЕННЯ ІНТРОДУКЦІЇ ДЕРЕВНИХ ПОРІД ДЛЯ РОЗВИТКУ ЛІСОВОГО ГОСПОДАРСТВА УКРАЇНИ

Проаналізовано сучасні напрямки інтенсифікації лісового господарства, в тому числі, шляхом інтродукції лісотвірних деревних порід. Охарактеризовано сучасний стан і продуктивність інтродуцентів у лісах України, наведено приклади ефективної інтродукції окремих порід. Обґрунтовано необхідність інвентаризації та дослідження сучасного стану інтродуцентів у лісових культурах.

Dantchuk O.T.

Meaning of introduction of woody species for forestry development in Ukraine

The modern directions of forestry development are analyzed. By one of ways is introduction of woody species for the forest-growing. The modern condition and productivity of introduced species in woods of Ukraine are described, it is pointed examples effective of introduction of separate species. The necessity of the inventory and research of a modern condition of introduced species in wood plantations is proved.

Інтродукція лісових деревних порід є одним з перспективних напрямків розвитку лісового господарства, який активно використовується багатьма країнами світу, з метою вирішення проблеми забезпечення потреб у лісосировинних ресурсах. В Україні проблема пошуку джерел покриття дефіциту деревини є особливо гострою. В розвинутих країнах світу її річне споживання перевищує 1 м³ на людину. В майбутньому загальна потреба України в деревині становитиме коло 50 млн. м³.

Наведені орієнтовні потреби в деревині повинні покриватися різними шляхами. Зокрема, актуальним є питання збільшення рівня лісистості. Намічені обсяги створення лісів в Україні додатково на площі коло 2 млн. га за умови забезпечення їх продуктивності на існуючому рівні можуть забезпечити додаткове одержання орієнтовно 10 млн. м³ деревини на рік. Але з врахуванням того, що значна їх частина виконуватиме в основному не експлуатаційні, а різноманітні захисні функції, то ця цифра буде значно меншою. Потрібно також враховувати, що при існуючих технологіях лісорозведення та на основі використання аборигенних лісотвірних порід можливість головного користування деревиною наступить не раніше, ніж через 50–100 років, що не вирішує перспективних проблем розвитку галузі та економіки країни в цілому.

Проблема дефіциту лісокористування може бути частково вирішена і за рахунок інтенсифікації лісогосподарського виробництва на основі традиційних методів; в першу чергу, покращення режиму господарювання. Про це свідчать і статистичні дані стосовно величини щорічних обсягів приросту деревини в лісах, з розрахунку на 1 га, який за останні десятиліття постійно збільшується. Разом з тим, забезпечити значне збільшення приросту деревини, при існуючій структурі лісового фонду та відсутності в достатній кількості

Підсумки адаптації рослин на Львівщині