

УДК 581.52: 581.192 (630.161.3)

*Петро ГНАТІВ*

## **ПОКАЗНИКИ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРИСТОСУВАННЯ *AESCULUS HIPPOCASTANUM L.***

*Досліджено особливості адаптації в екосистемі міста і природних екотопах цього найпоширенішого в озелененні інтродукованого деревного виду. Показані трофічні та метаболічні пристосувальні зміни в асиміляційному апараті фенотипів у різних умовах вирощування. Запропонований новий метод оцінки функціонального стану особин деревних екзотів як доповнення до традиційного визначення їхньої акліматизованості, який сприятиме збагаченню фіторозмаїття, підвищенню стійкості та фітомеліоративного ефекту декоративних насаджень.*

Особлива роль у розв'язанні проблем фітомеліорації техногенно порушеного природного середовища й урбаністичних ландшафтів належить інтродукованим рослинам [13]. Озеленення міст і промислових центрів з їхньою складною екологічною ситуацією потребує використання деревних видів із потужним адаптивним потенціалом. Добір таких порід можливий тільки на основі багатих ресурсів світової флори [11, 26]. Львів традиційно виділяли з поміж інших міст України багатством дендрофлори його зеленої зони та наукових інтродукційних центрів [23, 26].

Дотеперішня теоретична база інтродукції ґрунтувалася на застарілих уявленнях, у яких природному й штучному селекційному процесу відводили роль рушійної сили розвитку. Таке бачення спонукало до пошуку антропорегуляторних заходів, що усували одні природні чинники й надавали перевагу іншим стосовно розвитку корисних ознак організму. Рослини „виховували, гартували, змінювали“ [17], намагаючись закріпити в поколіннях набуті цінні властивості, ігноруючи генетичні аспекти. Адаптацію рослин частіше розглядали окремішньо від їхнього первісного екосистемного середовища, нехтували значенням консортивної будови елементарних екосистем і структурно-функціональної складності біогеоценозів [6], а значення пристосування щодо протидії зовнішньому середовищу перебільшували. Генетичні передумови епігенезу й внутрішньоорганізмовий метаболічний імпринт здебільшого ігнорували. Навіть ті факти, що, повертаючись у своє природне екосистемне середовище окультурені організми чи угруповання, з плином часу знову набувають первісного стану, не породжували сумнівів.

Функціональна адаптація рослини, у нашому розумінні, — це перебудова внутрішнього стану фенотипу, його структур і постійно виконувана

ними робота із самоорганізації і саморозбудови організму в рамках норми реакції задля злагодженого й результативного пристосування його в мінливому зовнішньому середовищі. Критерієм функціональної адаптації деревної рослини є кількісно-якісний результат роботи всього організму в умовах, де особина може хоч би певний час існувати. Він може бути оцінений за показниками використання і нагромадження про запас ресурсів енергомістких і пластичних речовин, які можна визначити й охарактеризувати за кількісними параметрами та співвідношеннями в органах рослин, зокрема в листовій масі.

В урбаністичних ландшафтах умови вегетації рослин особливі. Урбанізація екосистем, на нашу думку, полягає у спричиненій виробничою діяльністю промисловій і селітебній трансформації їхнього внутрішнього і зовнішнього природного середовища, яка зумовлює поступову часткову або повну перебудову структурно-функціональної організації самих екосистем задля заміни або часткового використання людиною корінної біоти і ґрунтів, залежно від особливостей розвитку соціосистеми. Урбоекологічна стійкість деревних рослин, за нашими дослідженнями — це здатність протидіяти сукупному впливові несприятливих антропогенних і природних чинників в умовах урбогенної трансформації природного середовища ландшафтних екосистем та зберігати функціональні властивості в насадженнях міст і промислових санітарно-захисних зон упродовж повного життєвого циклу.

Досі малозрозумілими залишаються механізми придбання і закріплення ширших норм реакції багатьох видів, форм і сортів, що культивують в урбоекосистемах. Проте сучасні дані [12] спонукають припустити, що реалізація генотипу в просторово-часових рамках конкретного середовища — це не просте копіювання конкретною особиною філо- та онтогенетичних траєкторій, окреслених межами норми реакції, а жорстко фізико-хімічно каналізований і водночас індивідуально неповторний процес виникнення, повноцінного функціонування і смерті фенотипу. Цінність кожного фенотипу в його разовості й неповторності. Тому, допоки виникнення й еволюція видів не є цілком зрозумілими, епігенетичне пристосування фенотипу слід вивчати на основі сприйняття структурної та функціональної єдності організму й середовища і як основу збереження потенційно цінної та нереалізованої генетичної інформації. Фізіолого-біохемічні реакції слабких видів можна використовувати як критерії для біоіндикації екологічного стану і забрудненості середовища їх вирощування [22, 25].

Наше дослідження має на меті охарактеризувати функціональну адаптацію рослин *Aesculus hippocastanum* L. до зміненого довкілля на основі аналізу наслідків інтегрованого впливу умов росту на фізіолого-біохемічні параметри їхнього листового апарату.

**Методика й об'єкти досліджень.** Добір пробних площ, польові дослідження, фенологічні й морфологічні спостереження виконували за методикою Н. Булигіна [2]. Для аналізу результатів акліматизації екзотів застосували комплексну методику М. Кохна [14]. Як об'єкти досліджень були виділені групи дерев з максимально близькими морфолого-таксаційними характеристиками. Добір проб листків для аналізів

виконували в пік літньої активності обмінних процесів або в кілька прийомів для вивчення динаміки.

Для лабораторних аналізів сукупний зразок рослинного матеріалу формували з відібраних із кожного модельного дерева з південно-східного, а для пристінних насаджень — з освітленого боку крони двох-трьох пагонів — лідерів поточного року. Зрізали їх садовим секатором на телескопічній штанзі завдовжки 8 м. Відбирали всі листки з пагонів поточного приросту, відділяючи черешки від листових пластинок. Об'єднаний зразок для хемічних аналізів піддавали температурній фіксації, усю масу розмелювали й розділяли на дві рівні частини. З кожного паралельного зразка відбирали потрібний обсяг матеріалу для хемічного аналізу. Для апробації у декоративному садівництві візуальної діагностики симптомів мінерального живлення рослин за основу брали методику для садових культур за В. Церлінг [21] і W. Bergmann [24]. Хемічні аналізи виконували за Х. Починком [18, 19].

Статистичне опрацювання, графічне моделювання статистичних залежностей та аналіз цифрових результатів дослідів проводили за традиційними методиками [8] з використанням ПК.

**Результати дослідження й обговорення.** Оскільки фізіологічна роль елементів живлення у рослинах неоднакова, то й зовнішні ознаки їхнього дефіциту в асиміляційному апараті різні [5, 21, 24]. Візуальна оцінка ослаблення живлення рослин унаслідок голодування на елементи зроблена нами на основі опису стану листового апарату впродовж весняно-літньої вегетації 1991—1994 років. Такі елементи, як азот, фосфор, калій і магній, здатні до реутилізації, тому ознаки їхнього дефіциту спостерігали на нижніх старших листках пагонів, дефіцит кальцію — на вершинних пагонах. Як показали спостереження, переважна більшість яскравих ознак голодування була помічена в дерев насаджень вулиць і рідше — у паркових і лісових (табл. 1). У насадженнях вулиць в окремі роки гіркокаштан звичайний виявляв ознаки дефіциту азоту й трохи частіше — фосфору. Інтенсивні, майже щорічні симптоми калійного дефіциту, що проявляються у крайовому побурінні та скручуванні листових пластинок, спостерігали головно в насадженнях вулиць і малих скверів. Діагностика нестачі калію у цього виду трохи ускладнена великою подібністю його симптомів з аналогічними, спричиненими грибковим захворюванням листя [15]. Проте в умовах тривалих дощів, особливо за зниженої температури, ознаки калійного дефіциту є дуже виразні. Нестача магнію у гіркокаштана виявлена в окремі роки і лишень у вуличних насадженнях.

Таблиця 1

Візуальна оцінка голодування *Aesculus hippocastanum* за симптомами дефіциту елементів живлення у листках упродовж 1991—1994 років („+“ — голодує, „-“ — не голодує)

Насадження	Азот	Фосфор	Калій	Кальцій	Магній
Парк	- - - -	- - - -	+ - - -	- - - -	- - - -
Сквер	- - - -	- - - -	+ - - -	- - - -	- - - -
Вулиця	- - - +	+ - - +	- + + +	- - - -	- - + +

Диференціація зовнішніх ознак мінерального живлення аборигенних видів деревних рослин — дуба звичайного, клена гостролистого й інших, залежно від стану екотопів у Львові, нами описана в попередніх публікаціях [5]. Коливання виразності симптомів голодування дерев залежно від погодних умов вегетації загалом не змінює екотопних закономірностей їхнього поширення у насадженнях міста Львова. Проте у прохолодну й вологу, а особливо в дощову погоду, надходження калію, кальцію, фосфору, магнію, а також деяких важких мікроелементів у листки від коренів значно обмежене внаслідок сповільненої транспірації. В умовах інтенсивних дощів та за невисокої середньодобової температури ґрунту ще й зменшується активність тієї пригніченої техногенними викидами ґрунтової мікробіоти, яка продукує доступні форми азоту, фосфору й інших біофільних елементів для кореневого живлення деревних рослин. Та, дуже важлива для дерев міста, частка цих елементів живлення, що потрапляє у листки через породики безпосередньо з пилу, який розчиняється на їхній поверхні або в газоподібній формі змивається інтенсивними опадами. Тому в такі роки (наприклад, 2004, 2005 і 2006) дерева міських насаджень Львова яскраво виявляли ознаки голодування, а гірकोкаштан звичайний мав виразні ознаки дефіциту калію в листках. Середовище парку, де виявлено найменше цих симптомів, імовірно є найсприятливішим для мінерального живлення дерев і трохи компенсує інтенсивний урботехногенний прес на рослини.

Хемічні аналізи свідчать, що в листках гірकोкаштан найбільше азоту акумулював у сквері, а найменше — у насадженнях вулиці (рис. 1). Дерев, які ростуть у насадженнях вулиці, містили найменше фосфору і калію, що, безперечно негативно позначалося на метаболічних функціях листків.

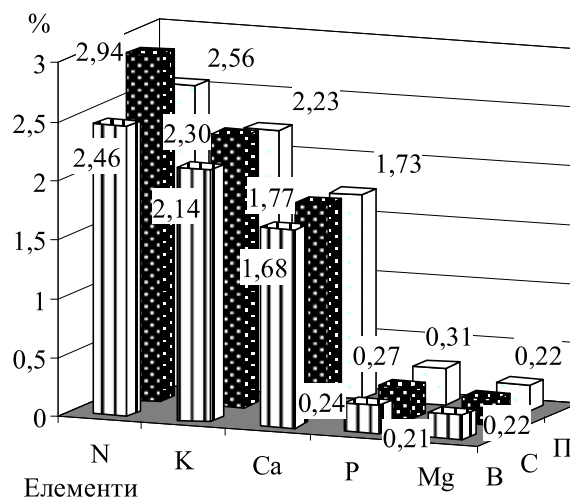


Рис. 1. Диференціація вмісту (частка в сухій масі, %) основних елементів живлення у листках *Aesculus hippocastanum* в урбоекосистемі Львова залежно від характеру насаджень (П — парк; С — сквер; В — вулиця).

Мінеральний фосфор у техногенному середовищі є дуже потрібний, позаяк утворює орто-, піро- і триполіфосфорну кислоти, які, приєднуючи до себе метали, створюють буферну систему рослини. У ньому також

зростає роль фосфору в окисно-відновних процесах дихання і фотосинтезу. Позитивна роль калію у клітинах у наукових джерелах пов'язується зі стабілізацією процесу фотосинтезу, стимуляцією росту листової поверхні тощо [16, 21]. Загалом, за винятком гіркогоаштана, усі модельні види дерев наросли вміст калію у сухій масі листків у напрямі від природних умов лісу до найзабрудненіших екотопів у центральній частині Львова. Найнижчий рівень вмісту кальцію виявлений у листках гіркогоаштана в середовищі насаджень вулиць, що теж свідчить про порушення пропорцій надходження мінеральних елементів у листки, адже в екотопах вулиць кальцію є вдосталь. Цей елемент [9, 16] відіграє головну роль у стабілізації іонного обміну в умовах атмосферного забруднення газами, хоча не у всіх видів однаковою мірою. Нижчий рівень забезпеченості магнієм у насадженнях вулиці в гіркогоаштана позначався на пігментації його листків.

Гіркокаштан звичайний, як і липа серцелиста, максимально нагромаджували мінеральні сполуки у скверах. У жорстких умовах насаджень вулиці ці види трохи зменшували обсяги їх акумуляції у листках, що пояснюємо як погіршенням умов мінерального живлення, так і загальним ослабленням активності метаболізму. Забрудненість середовища вулиці зумовила максимальне надходження зольних сполук у листки дуба і клена. Отже, внутрішнє середовище рослини, що вегетують у різному зовнішньому середовищі, формується розчинами у воді засвоєних із нього мінеральних солей та синтезованих у самому організмі біохемічних сполук. Проте природна фізико-хімічна подібність багатьох елементів і сполук, що є у довіллі, зумовлює їхнє попутне проникнення разом з корисними, чим створює додаткові електролітичні, метаболічні й у великих дозах токсикотвірні проблеми в асиміляційному апараті [9, 20].

Глибші хімічні аналізи сухої речовини листків дерев із різних насаджень Львова показали динамічність утворення білкових сполук залежно від умов вирощування рослин (табл. 2).

Таблиця 2

Кількісно-якісний хімічний склад абсолютно сухої речовини листків *Aesculus hippocastanum*, %

Насадження	Азотисті сполуки за К'єльдалем	Білки за Барштейном	Цукри за Бертраном	Крохмаль, осажденний йодом	Клітковина за Ганнебергом-Штоманом	Ліпиди за Рущковським	Зола за Лебедянцевим	БЕР
Парк	16,01±0,44	14,25±0,33	6,25±0,29	1,80±0,04	24,65±0,84	2,33±0,09	8,53±0,22	34,88
Сквер	18,37±0,52	15,77±0,57	6,34±0,38	2,13±0,08	19,70±0,69	3,44±0,15	9,22±0,25	35,26
Вулиця	15,47±0,49	15,22±0,49	4,38±0,21	2,36±0,09	23,54±0,84	3,37±0,12	8,89±0,35	36,64

У середовищі парку гіркокаштан звичайний містив найменше білків, проте середню кількість їхніх азотистих субкомпонентів. У сквері листки синтезували найбільше білків і містили найбільше їхніх складників. В

екотопі вулиці азотистих компонентів у листках гіркокаштана залишалося найменше, і синтез білків трохи знизився. Отже, у насадженнях вулиці гіркокаштан максимально використовував наявні резерви складових компонентів для синтезу білків при тому, що вміст азотистих сполук загалом тут був найнижчий для деревного виду в наших дослідженнях.

Зниження загального вмісту білків в асиміляційному апараті багатьох видів рослин зафіксоване дослідниками під впливом сірчистих газів [9, 20] і в стані сильного пригнічення дерев [3]. І. Коршиков [13] повідомляє, що в рослин поблизу джерела азотного забруднення вміст загального і білкового азоту у хвої був вищий, ніж у сосен, що ростуть на п'ятнадцятикілометровій віддалі від хемічного комбінату. Це дає підстави стверджувати, що аероemisійний азот вільно асимілюється у метаболічних сполуках клітинних структур у вигляді амінокислот і білків. У насадженнях Львова, як показують наші дослідження, це найактивніше відбувається в умовах парків і трохи слабкіше — у скверах.

Роль моноцукрів у метаболізмі рослин полягає насамперед у тому, що вони слугують основним джерелом енергії, яка використовується у різних хемічних синтезах [16]. Цукроза, а також крохмаль є головними резервами вуглеводів в організмі. Крохмаль не рухається по рослині, а залишається у тих клітинах, де він синтезований [7]. За високого вмісту цукрів крохмаль нагромаджується, а за низького перетворюється у цукри. За зниження температури рівновага зміщується у напрямі утворення цукрів. За нашими дослідженнями їхній вміст у листках гіркокаштана за переходу від парку до скверу зростав, а в екотопі вулиці значно зменшився (див. табл. 2). У найтяжчих для рослин умовах вулиці відбулося помітне збільшення вмісту в листках лише крохмалю. Це пояснюємо послабленням активності фотосинтезу внаслідок явного погіршення мінерального живлення дерев, а також виникненням труднощів із транспортуванням цукрів у інші органи рослини. Отже, у несприятливих умовах цукри полімеризуються у листках про запас [7, 16], що сповільнює використання їх на розбудову тканин чи транспорт у стовбур і корені. За нашими даними, у гіркокаштана одночасно зростала кількість безазотистих (за винятком цукрів і крохмалю) екстрактів, які нагромаджувалися у листках як наслідок переважання гідролітичних реакцій у критичних стресових умовах.

Полісахарид клітковина в рослинах акумулює третину органічних вуглецевих сполук від загального обсягу фотосинтезу і є основним структурним матеріалом клітинних стінок [19]. Погіршення умов для рослин гальмує ріст і розвиток, розтягання клітин, що спричинює дрібноклітинність тканин. Останнє, своєю чергою зумовлює збільшення пропорції клітковини в загальній масі сухої речовини. Проте цю особливість вуглеводного метаболізму зрідка розглядають як автекологічно детермінований показник модифікаційної адаптації рослин [12]. У найжорсткіших урбогенних умовах (екотоп вулиці) спостерігали підвищення вмісту клітковини в листках гіркокаштана порівняно з насадженнями у сквері (табл. 2). Ослаблення ценотичної конкуренції за світло, вологу, поживні речовини у сквері зумовило зменшення целюлозомісткості клітин листків, що звично супроводжується чималими анатомічними й морфологічними змінами в асиміляційному апараті.

Стійкість рослин збільшується за утворення на листках потовщеної кутикули [7, 9], яка формується зі складних жироподібних сполук. У гіркокаштана з насаджень вулиць підвищення вмісту жирів у сухій речовині листків не відбулося (табл. 2), а навпаки — спостерігали їх втрату, порівняно зі сквером. Очевидно, що в цих умовах порушувався ліпідний обмін, чим зумовлювалося ослаблення стійкості рослин. За висновками від порівняння паркових зон Мінська і віддалених заповідних насаджень [20], нагромадження калію і сірки в міських деревах зумовило утворення більше рухомих і менше конденсованих форм органічних речовин. В асиміляційних органах і згодом простежували руйнування клітин. У дерев, що культивовані в умовах промислового забруднення, спостерігали зниження кількості ліпідів у насінні [1].

Згідно з нашими даними, за сумарним вмістом азоту й золи в листках місцевих видів (дуба звичайного і клена гостролистого) в парку Львова, а також у сквері в гіркокаштана звичайного, можна припускати, що умови живлення для цих видів у даних екотопах були сприятливіші, ніж у лісі. Водночас простежене збільшення загальної кількості первинних продуктів фотосинтезу — цукрів, крохмалю й інших водорозчинних вуглеводів, із посиленням урбогенного впливу. Натомість структурні полімери — клітковина й ліпіди, містилися у листках у дедалі менших кількостях. Лише в насадженнях вулиці, де умови для рослин найтяжчі, тенденції співвідношення вуглеводів змінювалися: частка первинних вуглеводів відносно структурних у критичних умовах помітно зменшувалася. Це знову ж можна пояснити значним перевищенням кількості зольних сполук відносно азоту, яке, імовірно, створювало значно гірші внутрішньоклітинні умови для нормальних метаболічних реакцій. Унаслідок виниклих проблем у клітинах залишалися найпростіші вуглеводи. Їх ще називають безазотистими екстрактивними речовинами (БЕР), і вони потенційно могли би бути введені в різні сполуки за сприятливіших умов метаболізму.

Азот і зольні елементи як окремо, так і за сумарною кількістю, мали найзначніший вплив на утворення цукрів, крохмалю, а також усіх водорозчинних вуглеводів у трансформованому середовищі насаджень вулиці (рис. 2). Умови живлення рослин загалом визначали частку загального вмісту всіх вуглеводів на сумарну одиницю присутніх у листках азоту й зольних сполук.

У Гермаківському дендропарку (Тернопільщина), у „Форельному господарстві“ ДП „Осмолодське лісове господарство“ (Івано-Франківщина) і вздовж вулиць, що пролягають у густонаселеному промислово-транспортному районі Львова, ми виділили модельні групи дерев, з яких відібрали й проаналізували проби листків. Виявлено, що дуб звичайний у малозмінених умовах свого природного поширення (ліс біля Гермаківського дендропарку) містив у листках найменше білків, порівняно з несприятливими для них гірським (ДП „Осмолодське лісове господарство“) та міським (Львів) середовищами (рис. 3). Гіркокаштан — інтродуцент, тому для нього всі об'єкти дослідження є новими місцями вирощування. Проте найбільше білків у листках виявлено в найскладнішому екотопі вулиці (Львів), а як інтродуцент із півдня, мав найнижчий вміст білків у листках на Поділлі.

Техногенний прес на рослини у Львові достовірно підтверджений найвищою акумуляцією зольних сполук у листках у всіх модельних видів (рис. 3). Адекватні для деревних рослин умови росту передбачали невисокий рівень вмісту золи у фітомасі. Найяскравіше це видно на прикладі як дуба, так і гіркогоаштана на Поділлі. Отже, рівні синтезу білків і нагромадження зольних елементів у листках свідчать про функціональну залежність метаболізму в них від природних і техногенних умов росту представників певного деревного виду, котра підтверджена статистичним опрацюванням дослідних даних [3].

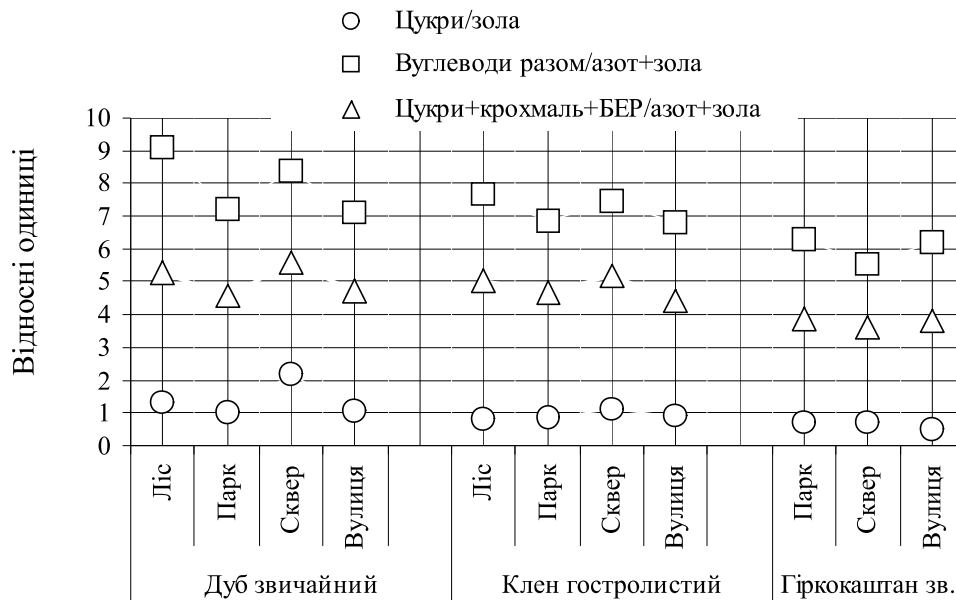


Рис. 2. Зміни співвідношення вуглеводів до компонентів мінерального живлення у листках деревних рослин залежно від умов росту у Львові (1991 р.), відн. од.

Коригування білкового обміну та мінерального живлення зольними елементами в різних умовах певною мірою впливає на інші фізіолого-біохімічні процеси в організмі [7]. Зокрема, у дуба й гіркогоаштана простежували значне зменшення целюлозомісткості сухої речовини листків за зростання вмісту в ній білків.

Достовірно найвищий вміст клітковини у тканинах листків зазначений у природних місцях вирощування видів [3]. Антропогенно трансформоване середовище Львова зумовило зменшення синтезу целюлози й лігніну в листках досліджуваних видів. Знизило їхній вміст також гірське середовище Карпат у дуба й гіркогоаштана, котре для цих порід не є природним місцем поширення. Умови теплового Поділля для дуба, а також для інтродуцента гіркогоаштана є найсприятливіші з огляду на рівень синтезу клітковини.

Стан природного середовища, а особливо такі його параметри, як зволоженість і газовий склад повітря, мають чималий вплив на потребу



синтезу жироподібних сполук у листках дерев. Чистота атмосфери й висока вологість у природному середовищі Карпат не спричинили високого вмісту ліпідів у досліджуваних видів (рис. 3). Сухіші й тепліші умови Поділля стимулювали додатковий синтез жирів, що був використаний рослинами головно на потовщення кутикули листків. Техногенне середовище вулиць Львова характеризується більшою сухістю повітря порівняно з околицями міста та загазованістю приземної товщі атмосфери [4]. Тому ксероморфна будова листків у таких умовах є нормою [7]. Вищий вміст ліпідів простежували у Львові в гірकोкаштана.

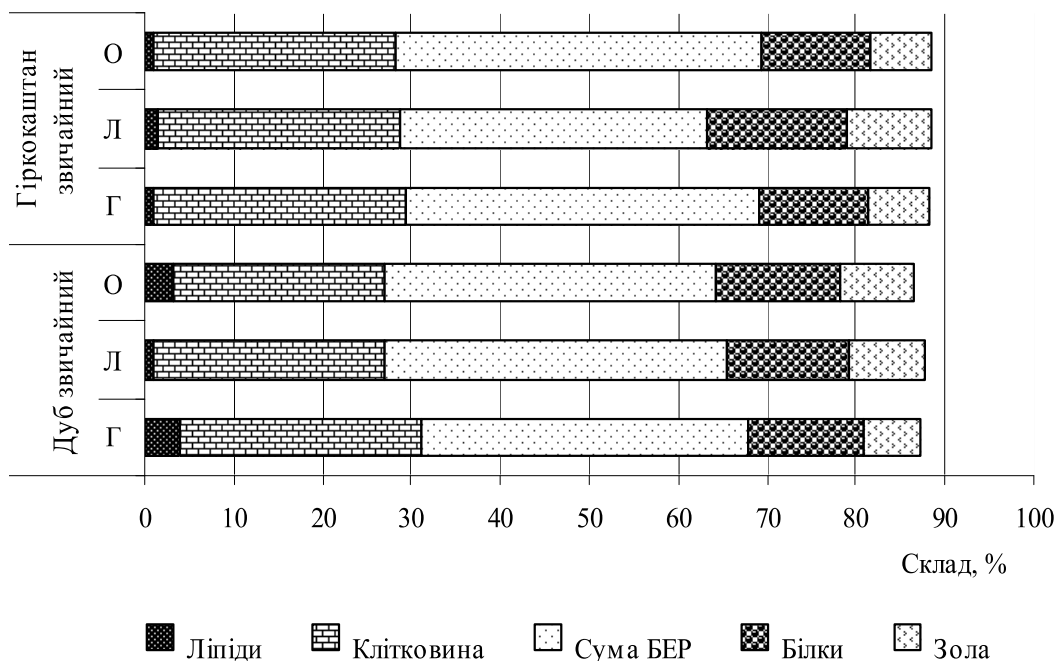


Рис. 3. Спектр складу (%) абсолютно сухої маси листків деревних рослин із різних еколого-географічних умов (2001 р.): Г — Гермаківський дендропарк (Тернопільщина), Л — насадження вулиць Львова, О — Осмолодський ДЛГ (Івано-Франківщина)

Дуб у насадженнях вулиці синтезував мало жирів, імовірно, під надмірним тиском урботехногенного стресу, спричиненого найвищим рівнем забрудненості середовища. Нагромадження високої кількості ліпідів супроводжувалося одночасним посиленням акумуляції зольних елементів у листках, особливо у гірकोкаштана, що підтверджує це припущення.

Пропорція вільних водорозчинних вуглеводів у сухій масі листків збільшується або зменшується там, де для рослин середовище вирощування, є переважно несприятливим. Такі види, як береза, ясен, горобина й гірकोкаштан, зменшували резерви вуглеводів у техногенно трансформованому середовищі міст, а дуб і липа збільшували. За загальним підсумком кореляційного аналізу метаболічних показників вразливішим (або активнішим за реакціями) виявився гірकोкаштан звичайний, що мав 12 достовірних зв'язків, тоді як дуб звичайний — 10 [3].

Згідно з результатами наших тривалих досліджень [3, 5, 25], за норму приймаємо загалом середній для різних місцевих видів вміст цукрів у листках і найменший у середині й на завершенні вегетаційного періоду, за максимуму на початку. Нормальний хід метаболізму крохмалю — це його середній для видів, але максимальний вміст у липні та мінімізація резервів наприкінці вегетації. Сприятлива динаміка клітковини передбачає поступовий спад від весни до осені її пропорції у сухій масі листків за загального високого рівня вмісту, подібно до аборигенних видів. Природним вважаємо поступове зростання частки всіх водорозчинних вуглеводів відносно неводорозчинних. Сприятливою вважаємо малу частку цукрів, що припадає на весь обсяг вмісту зольних елементів наприкінці вегетаційного періоду. Такі показники загалом підтверджують, що рослини мали нормальний вуглеводний метаболізм упродовж вегетаційного періоду, незважаючи на можливі коливання погоди.

Трансформоване середовище урбаністичної екосистеми Львова помітно коригує рівень та динаміку мінерального живлення й вуглеводного обміну. Ці реакції традиційними фенологічними методами виявити дуже важко або й неможливо. Техногенним тиском створені додаткові проблеми акліматизації рослин, які вони могли би легше долати за відсутності такого впливу. У таблиці 3 наведені бальні оцінки змін найбільш корелятивних показників метаболічних реакцій інтродукованих видів, котрим попередньо [10] вже дана оцінка ступеня акліматизації за методикою М. Кохна [14].

Таблиця 3

**Порівняльна оцінка акліматизації та функціональної адаптації екзотів в урбаністичній екосистемі Львова („н“ — норма; „-“ — відхилення; у чисельнику — за пропорцією вмісту; в знаменнику — за динамікою вегетаційних змін)**

Вид	Акліматизаційне число, балів	Функціональна адаптація						
		Цукри	Крохмаль	Клітковина	Сума БЕР/клітковина + ліпідів	Цукри/зола	Балів	
							за критеріями	загалом
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	100	н/н	н/-	н/н	н/н	н/н	50/40	90
<i>Aesculus hippocastanum</i> L.	100	н/-	н/-	н/-	-/-	н/-	40/0	40
<i>Cercidiphyllum japonicum</i> Sieb. et Zucc.	97	н/-	н/-	-/н	-/н	н/н	30/30	60
<i>Magnolia kobus</i> DC.	90	н/н	н/-	н/-	н/-	н/-	40/20	60

За представленими показниками *Aesculus hippocastanum* значно поступається *Robinia pseudoacacia*. Це свідчить про його слабку функціональну адаптованість в урбаністичних екосистемах, що значно знижує фітомеліоративну й декоративно-естетичну роль виду в насадженнях великих міст із сильно трансформованим довкіллям. Водночас інтродуценти, які мають менші ступені акліматизації як, наприклад *Cercidiphyllum japonicum* та *Magnolia kobus*, отримали вищі оцінки за показниками функціональної адаптації. Цим можна пояснити їхній доволі

добрий стан за габітусом крони в насадженнях Львова упродовж усього вегетаційного періоду.

Яскравими прикладами загострення адаптаційних проблем у багатьох деревних порід в урбаністичній екосистемі Львова виявилися 2004, 2005 і 2006 роки, що були вкрай несприятливі для екзотів за погодними умовами вегетаційного періоду. Пізня й холодна весна змінилася дощовим і до середини липня прохолодним літом. Згодом раптово наставала спека, яка, за нашими спостереженнями, упродовж кількох днів пошкоджувала листки зовнішніх пагонів акації білої, платана кленолистого, клена ясенелистого й ін. у малотрансформованих і мало захищених насадженнях парків Львова. Отже, розвиваючись у даних умовах вегетаційного періоду в сприятливих для місцевих видів природних екотопах за ситуативно звичних для аборигенів змін погоди, згадані інтродуценти в парках і лісопарках утрачали стійкість до спеки, що наставала раптово. Вони формували традиційну для місцевих видів у цих екологічних умовах анатомічну й морфологічну будову органів, повторювали за аборигенами хід метаболічних процесів. Водночас саме екзоти (акація біла, платан кленолистий, ясен ланцетний та ін.) у трансформованих екотопах вулиць не мали таких, як у парках, ознак пошкодження. Вони від початку вегетації пристосовувалися до умов вулиць за ознаками ксерофітів. Проте в екотопах насаджень вулиць виявлене масове пошкодження високою температурою листя в нижній та зовнішній частинах крон у місцевих видів: липи широколистої, серцелистої, клена явора й ін., а також гіркокаштана звичайного. Упродовж 2003—2007 років цей вид у насадженнях Львова внаслідок масового ушкодження листків мінувальною міллю (*Cameraria ohridella* Deschka et Dimic) та грибковим захворюванням (збудник — *Guignardia aesculi* (Peck) Stew.), часто на тлі порушення засвоєння калію, прискорено втрачав асиміляційний апарат, уже із середини літа.

Наприклад, дерева каштанової (*Aesculus hippocastanum*) алеї у Стрийському парку (м. Львів) із середини серпня 2004—2007 років набувають осіннього забарвлення крон унаслідок усихання листків, і водночас інші види в насадженнях поряд зберігали зелене забарвлення і функціональну активність ще довгий час. Зовнішній вигляд двох сусідніх особин *Aesculus hippocastanum* та *Aesculus carnea* Науне у сквері на перетині вулиць Паркової та Рутковича (м. Львів) щороку на початку осені підтверджує усихання й опадання листків у першого виду. Проте крона представника того самого — гіркокаштана червоноквітого, залишалася неушкодженою до глибокої осені. Загалом цей вид, хоч за морфологічними ознаками і дуже подібний до гіркокаштана звичайного, має значно кращий вигляд за габітусом у насадженнях різного призначення. До того ж, фаза цвітіння у гіркокаштана червоноквітого триває довше проти звичайного.

**Висновки й пропозиції.** Запропонована оцінка стану дерев *Aesculus hippocastanum* за показниками функціональних реакцій асиміляційного апарата переконливо свідчить, що цей вид має слабкий адаптивний потенціал і є малостійкий у несприятливих екотопах урбаністичної екосистеми Львова. Для збереження фітомеліоративної ролі цього інтродуцента в насадженнях міст Заходу України доцільно відмовитися від створення нових посадок в умовах вулиць та скверів, особливо в центральній частині.

Нині старі монокультурні насадження гіркогоаштана звичайного уздовж вулиць і в малих скверах необхідно замінювати іншими видами деревних та чагарникових рослин, що здатні зберігати високу ефективність стосовно санації та кондиціонування урбогенного середовища, яка ґрунтується на більшій функціональній адаптивності їхніх асиміляційних органів. Дерева іншого представника цього ж роду — *Aesculus carnea* мають значно кращий вигляд за габітусом у насадженнях різного призначення, зокрема вздовж інтенсивно завантажених транспортом вулиць. До того ж, фаза цвітіння у цього виду триває довше порівняно з гіркогоаштаном звичайним. *Aesculus hippocastanum* можна й надалі використовувати в насадженнях лише як доповнення у паркових ландшафтно-архітектурних композиціях, позаяк екотопи парків і великих скверів більше відповідають його автекологічним особливостям.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Безсонова В. П., Грицай 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. Булыгин Н. Е. Фенологические наблюдения за древесными растениями. — Л.: ЛТА, 1979. — 96 с.
3. Гнатів П. Порівняння показників метаболічної адаптації деревних рослин у Карпатах і на рівнинах заходу України // Екологічний збірник НТШ. — № 12. — 2003. — С. 93—100.
4. Гнатів П. С. Екологічні проблеми інтродукції деревних рослин у техногенному середовищі Львова // Екологічний збірник НТШ. — № 7. — 2001. — С. 237—248.
5. Гнатів П. С., Артемовська Д. В. Застосування методу мінералотрофної діагностики у вивченні стану деревних рослин. Наук. вісн. УкрДЛТУ. — Вип. 5. — 1996. — С. 235—238.
6. Голубець М. А. Екосистемологічні принципи інтродукції // Наук. вісн. УкрДЛТУ. — Вип. 9.9. — 1999. — С. 11—14.
7. Горышина Т. К. Фотосинтетический аппарат растений и условия среды. — Л.: Изд-во ЛГУ, 1989. — 204 с.
8. Зайцев Г. Н. Математика в экспериментальной ботанике. — М.: Наука, 1990. — 295 с.
9. Илькун Г. М. Загрязнители атмосферы и растения. — К.: Наук. думка, 1978. — 246 с.
10. 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.
11. Калиниченко А. А. Биоекологические основы интродукции арборифлоры СССР в лесах Украины: Автореф. дис. д. б. н. / УСХА. — К., 1990. — 50 с.
12. Клеточные механизмы адаптации растений к неблагоприятным воздействиям экологических факторов в естественных условиях / Под ред. Е. Л. Кордом. — К.: Наук. думка, 2003. — 277 с.

13. Коршиков И. И. Адаптация растений к условиям техногенно загрязненной среды. — К.: Наук. думка, 1996. — 238 с.
14. Кохно Н. А. Клены України. — К.: Наук. думка, 1982. — 182 с.
15. Крамарец В. А. Состояние и пути формирования фитоценотического покрова комплексных зеленых зон городов запада Украины: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук.: 06.03.01. / ЛЛТИ. — Львов, 1991. — 20 с.
16. Лархер В. Экология растений. — М.: Мир, 1978. — 384 с.
17. Липа О. Л. Дендрология з основами акліматизації. — К.: Вища шк., 1977. — 224 с.
18. Починок Х. М. Методы биохимического анализа растений. — К.: Наук. думка, 1976. — С. 5—77.
19. Разумов В. А. Справочник лаборанта-химика по анализу кормов. М.: Россельхозиздат, 1986. — С. 94—244.
20. Сидорович Е. А., Рупасова Ж. А., Бусько Е. Г. Функционирование лесных фитоценозов в условиях антропогенных нагрузок. — Минск: Наука и техн., 1985. — 205 с.
21. Церлинг В. В., Егорова А. А. Методические указания по диагностике потребности садовых культур в удобрении. — М.: Агропромиздат, 1977. — 72 с.
22. Шихова Н. С. Биогеохимическая оценка состояния городской среды // Экология. — 1997. — № 2. — С. 146—149.
23. Щербина А. А. Экзотические деревья и кустарники Львова // Наук. зап. ЛДУ. Серія біол. 1949. — Т. 16. — Вип. 5. — С. 21—66.
24. Bergmann W. Farbatlas Erndhrungsstörungen bei Kulturflanzen: Visuelle und analytische Diagnose / VEB Gustav Fischer Verlag Jena, 1986. — 306 p.
25. Gnativ P., Artemovs'ka D. Pollution of a city, physiological reaction of plants and phitoreclamation of the environment NATO Advanced Research Workshop: Public Health Consequences of Environmental Pollution: Priorities and Solutions. — L'viv-Ukraine, 1997. — P. 11.
26. Gnativ P. The Conservation of Biodiversity in the Botanical Garden of Ukrainian State University of Forestry and Wood Technology / M. von den Driesch, W. Lobin. Botanische Garten und Erhaltung Biologischer Vielfalt. Ein Erfahrungsaustausch. — Berlin: Bundesamt für Naturschutz, 2001. — P. 105—106.

#### SUMMARY

Petro HNATIV

#### FUNCTIONAL ADAPTATION INDICES OF *AESCULUS HIPPOCASTANUM* L.

The results of different long-term researches of acclimatization features of species distributed in city gardening are given. The morphological and anatomic, nutritious, physical and chemical, metabolic adaptive reactions of phenotypie on acclimatization conditions are shown. The outecological bases of decorative assortment optimisation for cultivation in a urban green zone and industrial territories are offered. We recommend increasing species and forms diversity of decorative amelioration plantings as one of the ways to maintain their stability and efficiency.