

ЧЕРНІВЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені ЮРІЯ ФЕДЬКОВИЧА

ГНАТІВ Петро Степанович

УДК 581.522.4+5;581.134+192+151

**ФУНКЦІОНАЛЬНА АДАПТАЦІЯ ДЕРЕВНИХ РОСЛИН
ДО УМОВ УРБАНІЗОВАНОГО СЕРЕДОВИЩА
НА ЗАХОДІ УКРАЇНИ**

03.00.16 – екологія

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора біологічних наук

Чернівці – 2006

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Донецькому ботанічному саду НАН України

та в Ботанічному саду Національного лісотехнічного університету України
Міністерства освіти і науки України

Науковий консультант: доктор біологічних наук, професор

КОРШИКОВ Іван Іванович,

завідувач відділу промислової ботаніки

Донецького ботанічного саду НАН України

Офіційні опоненти: доктор біологічних наук, професор

ТЕРМЕНА Борис Костянтинович,

Чернівецький національний університет

імені Юрія Федьковича,

професор кафедри ботаніки і охорони природи

доктор біологічних наук,

старший науковий співробітник

ЧОРНОБАЙ Юрій Миколайович,

Державний природознавчий музей НАН України, директор

доктор біологічних наук, професор

СМЕТАНА Микола Григорович,

Криворізький технічний університет,

завідувач кафедри прикладної екології

Провідна установа: Національний ботанічний сад

імені М. М. Гришка НАН України, м. Київ.

Захист дисертації відбудеться _19.04.2006 р. о _13__ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 76.051.05 при Чернівецькому національному університеті імені Юрія Федьковича за адресою: 58012, м. Чернівці – 12, вул. Лесі Українки, 25, ауд. 81.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича за адресою: 58012, м. Чернівці – 12, вул. Лесі Українки, 23.

Автореферат розісланий 16.03.2006 року.

Вчений секретар спеціалізованої ради,

кандидат біологічних наук, доцент

Копильчук Г. П.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Деревні насадження є потужним природним чинником протидії негативним для довкілля наслідкам урбанізації і техногенного забруднення (Голубец, 1982; Тарабрин та ін., 1986; Кучерявий, 1999). Водночас урботехногенне середовище часто вкрай негативно впливає на життєвий стан рослин, зменшуючи їхню фітомеліоративну і декоративну роль. Адекватний контроль чи діагностика функціонального стану деревних рослин, оцінка середовищестабілізаційної ефективності насаджень, як і стану довкілля загалом (“Програма дій...”, 2000), є актуальними науковими і практичними проблемами сьогодення, що відображені в основних напрямках державної екологічної політики (Постанова ВР України... від 16.01.1997 р., № 3/97-ВР).

Більшість досліджень щодо впливу антропогенно зміненого середовища проведені в насадженнях міст великих промислових регіонів, де деревні рослини зазнають значних, або летальних ушкоджень від критичного забруднення довкілля (Илькун, 1971; Кулагин, 1985; Бессонова, 1991; Коршиков, 1996; Сметана, 2002; Левон, 2004). Водночас дуже мало спостережень за реакціями рослин в умовах постійного впливу помірних концентрацій поллютантів у глибоко трансформованому середовищі (Смит, 1985; Шуберт, 1988), яке властиве урбаністичним екосистемам. Такі умови хоч і не спричинюють масових візуальних ушкоджень, але пришвидшують і скорочують життєвий цикл, зумовлюють передчасне ослаблення, старіння і втрати видового фіторізноманіття насаджень (Коршиков, 2002). Науковий прогноз щодо життєвості деревних рослин в урбаністичних екосистемах великих міст можна дати на основі діагностики стану їхнього асиміляційного апарата, але надійні фізіолого-біохімічні або інші критерії для такої оцінки досі не розроблені. Дослідження лише окремих аспектів та змін у метаболізмі рослин в урботехногенному середовищі не дають відповіді на питання щодо успішності їх адаптації.

Визначення загальних функціональних реакцій деревних видів у різних екологічних умовах сприятиме точнішому встановленню їхнього адаптивного потенціалу і надасть можливість передбачати оптимальні шляхи їх використання у насадженнях різного призначення. Відсутність загальних показників інтегрованих реакцій-відповідей цілого організму на умови вирощування в реальному середовищі його росту й розвитку ускладнюють селекцію стійких і перспективних для декоративного садівництва представників місцевої і світової дендрофлори (Кохно, 1989; Термена, 2002; Черевченко і Кузнецов, 2003). Тому напрацювання і впровадження функціональних критеріїв діагностики стану деревних рослин є актуальним питанням дендрології, фітомеліорації урботехногенних ландшафтів, збагачення фіторізноманітності декоративних насаджень.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана в рамках окресленої Радою ботанічних садів України проблеми “Інтродукція і акліматизація” у співпраці з Донецьким ботанічним садом НАН України та Ботанічним садом Національного лісо-технічного університету України (НЛТУ України) за планом НДР НЛТУ України в напрямку “Підвищення продуктивності та біологічної стійкості лісових та урбанізованих екосистем”, затвердженому на 1991–2000 рр. Польові й лабораторні дослідження здійснені в Ботанічному саду НЛТУ України згідно з програмами бюджетних тем “Розробка морфо-фізіологічних показників стійкості рослин в умовах міського середовища. Вивчення закономірностей формування міських культурфітоценозів” (№_{др} 019110019952) та “Підсумки адаптації рослин на Львівщині” (№_{др} 0100U000951), у яких автор був розробником планів і відповідальним виконавцем робіт.

Мета і завдання досліджень. Мета роботи – з'ясувати закономірності адаптації деревних рослин в урбаністичній екосистемі за функціональними змінами в їхньому асиміляційному апараті й охарактеризувати декоративні види щодо використання їх для оптимізації міського середовища (на прикладі Львова).

Для досягнення поставленої мети необхідно було виконати такі завдання:

- ✓ розробити концептуальну основу оцінки функціональної адаптації деревних рослин в антропогенно трансформованому середовищі та сформувані систему методик для визначення традиційних і пошуку нових критеріїв їх стану;
- ✓ комплексно охарактеризувати і дати параметричні оцінки екологічним умовам інтродукції та вирощування рослин в урбоекосистемі Львова;
- ✓ дати оцінку морфологічним й анатомічним змінам асиміляційного апарата дерев, пігментного комплексу та фотооптичних властивостей живих листків у різноманітних насадженнях міста;
- ✓ дослідити особливості мінерального живлення деревних рослин і визначити зміни фізико-хімічного стану живих листків залежно від екологічних умов;
- ✓ визначити характер змін вмісту і співвідношення в листках деревних рослин основних мінеральних та органічних компонентів залежно від трансформованості урбанізованого середовища Львова й еколого-географічних умов на Заході України;
- ✓ встановити динаміку й характер метаболічних змін у листках деревних видів упродовж вегетації в насадженнях міста та природних деревостанах і з'ясувати значення функціональної адаптації асиміляційного апарата для реалізації вегетаційної стратегії рослин в урбоекосистемі великого міста;
- ✓ порівняти ступені акліматизації деревних інтродуцентів і рівні пристосування на основі функціональних змін асиміляційного апарата у новому середовищі й дати оцінку їхньої стійкості в урбоекосистемі Львова;

✓ апробувати придатність показників функціональної адаптації деревних рослин для дендрофізіологічної індикації якості урбогенних екотопів і техногенно забрудненого середовища.

Об'єкт досліджень: деревні рослини (49 видів і форм) в урбаністичній екосистемі Львова, природних і штучних деревостанах регіонів України, антропогенна трансформація мікроклімату й ґрунтів у насадженнях і забрудненість едафотопів.

Предмет досліджень: загальні функціональні зміни в асиміляційному апараті деревних видів у різних екологічних умовах за комплексом показників хімічного складу сухої речовини листків.

Методи досліджень: фенологічні, біометричні, фізико-хімічні, оптико-фізичні стосовно морфо-функціонального стану живих рослин; метеорологічні, агрохімічні, спектрографічні стосовно якостей екотопів; хімічні, спектрофотометричні стосовно компонентного складу фітомаси рослин; статистичні й графічні із використанням комп'ютерного моделювання.

Наукова новизна одержаних результатів. Теоретично обґрунтована й експериментально доведена можливість оцінювання реалізації адаптивного потенціалу деревних рослин в умовах трансформованого середовища за складом і співвідношенням основних метаболічних компонентів в їхньому асиміляційному апараті. Вперше, як показник комплексної реакції рослин на конкретні умови існування, використаний цілісний спектр пропорцій мінеральних елементів і метаболічних складників сухої маси листків. Уперше на модельних групах рослин у природних і штучних насадженнях показано, що зміни хімічного складу й співвідношення компонентів сухої речовини листків кількісно характеризують видові особливості реалізації адаптивного потенціалу деревних рослин залежно від ступеня комплексної дигресії екологічних факторів. Встановлено, що результат пристосувальних реакцій в білково-вуглеводному обміні листків і, як наслідок, відповідні морфо-анатомічні зміни в різних деревних видів залежать від умов мінерального живлення рослин.

На основі комплексних спостережень за динамікою параметрів природних та урбогенних факторів уперше дана інтегральна оцінка ступенів трансформованості природного середовища в насадженнях міста (на прикладі Львова). Запропоновано цілісну систему показників для оцінки функціональних адаптивних реакцій деревних рослин на вплив антропогенних чинників, яка ґрунтується на визначенні параметрів пропорцій хімічного складу сухої речовини листків.

Практичне значення результатів досліджень. Розроблена кластеризація місцевих та інтродукованих деревних рослин щодо ефективності їх використання у різних міських насадженнях залежно від ступеня трансформованості екотопів. Методика візуальної діагностики стану дерев і кущів за показниками мінерального живлення придатна для застосування в розсадникових господарствах Львова і лісгоспів на Заході України з метою збільшення частки кондиційного садивного матеріалу. Показники функціональної адаптації, що використані у ході інвентаризації колекційних фондів ботанічних садів Львова, є надійними критеріями оцінки стану рослин, відбору стійких

місцевих та інтродуковані особини з високим адаптивним потенціалом. Комплексний підхід у вивченні якостей екотопів є ефективним для оцінки екологічного стану колекційних ділянок та розсадника Ботанічного саду НЛТУ України і для розроблення агротехнічних заходів. Запроваджені в практику дендрологічних досліджень нові засоби й методи використані для наукових потреб та в навчальному процесі на кафедрах і в Ботанічному саду НЛТУ України.

Особистий внесок здобувача. Особиста участь автора полягала у напрацюванні робочих програм і пакета спеціальних методик для науково-дослідних робіт, у виборі й апробації сучасних аналітичних засобів, в організації та виконанні польових досліджень і лабораторних експериментів, у підборі в польових умовах модельних насаджень, у спостереженні за станом середовища, в дослідженні ґрунтових профілів, у відборах аналітичних проб, у виконанні лабораторних експериментів, у зборі зразків за межами Львівщини. Опрацювання польових, лабораторних матеріалів, статистичний аналіз результатів, написання наукових звітів виконане автором особисто. Опублікування результатів роботи за темою дисертації здійснено у співавторстві з безпосередніми співвиконавцями наукових досліджень – Д. В. Артемовською та М. Г. Мазепою. У колективних та одноосібних публікаціях права співавторів не порушені.

Апробація результатів досліджень. Основні результати і висновки роботи були представлені й обговорені: на VI-му Симпозіумі IUFRO з проблем бука (Львів, 1995), на Міжнародних конференціях – “Промышленная ботаника: состояние и перспективы развития” (Донецк, 1993), “Лісотехнічна освіта і наука на рубежі XXI століття” (Львів, 1995), “Старовинні парки і проблеми їх збереження” (Умань, 1996), “NATO Advanced Research Workshop: Public Health Consequences of Environmental Pollution: Priorities and Solutions” (Lviv, 1997), “International scientific-practical conference” (Rakhiv, 1998), “Розточанський збір 2000” (Яворів, 2000), “Лісівницькі дослідження в Україні” (Львів, 2002), “Відновлення порушених природних екосистем” (Донецьк, 2002), “Проблеми урбоекології, урболандшафтознавства і фітомеліорації міського середовища” (Львів, 2003), “Онтогенез рослин у природному та трансформованому середовищі” (Львів, 2004), “Проблеми збереження, відновлення та збагачення біорізноманітності в умовах антропогенно зміненого середовища” (Кривий Ріг, 2005), “Відновлення порушених природних екосистем” (Донецьк, 2005), “Зелені міські зони – від проблем до розв’язків” (Львів, 2005); на Міжнародній науковій школі “Вивчення онтогенезу рослин природних та культурних флор у ботанічних закладах Євразії” (Київ-Львів, 1994), на Міжнародній наук.-практ. школі “Природні екосистеми Карпат в умовах посиленого антропогенного впливу” (Ужгород, 2001), на Першому міжнародному семінарі “Проблеми ландшафтної архітектури, урбоекології та озеленення населених місць” (Львів, 1997), на Міжнародному українсько-польському наук.-практ. семінарі “Сучасна екологія і екологічна патологія людини” (Львів, 1997); на наук.-практ. конференціях – “Захист лісів Українських Карпат від хвороб

і шкідників” (Івано-Франківськ, 1992), “Паркові ландшафти: інтродукція, архітектурні та біоекологічні аспекти функціонування” (Біла Церква, 1993), “Лісова селекція, насінництво та інтродукція в Українських Карпатах” (Івано-Франківськ, 1993), “Урбанізація як фактор змін біогеоценологічного покриву” (Львів, 1994), “140 років кафедрі лісівництва УкрДЛТУ” (Львів, 1996), “Значення та перспективи стаціонарних досліджень для збереження біорізноманітності” (Львів, 1997), “Екологія і економіка” (Львів, 1997), “Проблеми і перспективи розвитку лісівничої освіти, науки й виробництва” (Львів, 1999); на третій (Львів, 1994), п’ятій (Львів, 1998), шостій (Львів, 2000) і сьомій (Київ, 2001) Погребняківських читаннях; на щорічних 44–47 і 49-ій конференціях ЛЛТІ (НЛТУ України) (Львів, 1991–1994, 1996); XI-ій (Львів, 2000) та XV-ій (Львів, 2004) сесіях НТШ.

Публікації результатів досліджень. За темою дисертації опубліковано 42 наукові праці, з них у періодичних фахових виданнях – 23 статті.

Структура й обсяг дисертації. Загальний обсяг дисертації – 553 стор., із яких основний текст займає 302 стор. машинопису, містить 33 таблиці, 109 рисунків. Робота має вступ, 8 розділів, висновки, список посилань (702 джерела, з них 240 латиницею), сім додатків на 130 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

КОНЦЕПТУАЛЬНІ ПИТАННЯ АДАПТАЦІЇ РОСЛИН В УРБОТЕХНОГЕННОМУ СЕРЕДОВИЩІ ТА ПРОБЛЕМИ ЇЇ ДІАГНОСТИКИ

Урботехногенне середовище є сучасним чинником адаптаціогенезу фітобіоти. Як середовище росту рослин воно поєднує в собі три складових: суто фізичні зовнішні чинники, внутрішньоекосистемні компоненти і впливи, антропогенні чинники. Значущість останніх для насаджень в урбаністичних ландшафтах стрімко зростає. Внутрішнє середовище рослинного організму є еволюційно вищою і збалансованою формою саморегульованого середовища, але воно є відкрите щодо різноманітних зовнішніх впливів. Антропогенні чинники спричиняють значні структурні й функціональні, інколи прямі хімічні зміни внутрішнього середовища як в окремих органах, так і в організмі загалом (Коршиков, 1996; Таран, 2001), а в деревній рослині – ще й упродовж багатьох десятків років.

Адаптаційні зміни в рослинах у трансформованому середовищі тривають постійно. Функціональна адаптація рослини – це перебудова внутрішнього стану фенотипу, його структур і

постійно виконувана ними робота із самоорганізації і саморозбудови організму в рамках норми реакції задля злагодженого і результативного пристосування його у мінливому зовнішньому середовищі. Наслідком функціональної адаптації, наприклад, деревної рослини в кожному реальному (природному чи антропогенно трансформованому) екотопі в умовах недостатньої/надлишкової дії природних життєво важливих факторів, або впливу нових урбо- й техногенних, є кількісно-якісні зміни в певних метаболічних реакціях окремих органів. Якщо дія несприятливих умов за потужністю не перевищує протидію адаптивного потенціалу рослини загалом, то спрацьовують механізми функціональної адаптації на рівні цілого організму. Її результат полягає у зміні балансу метаболізму, котрий властивий для оптимальних умов життя, в активнішому утворенні, накопиченні чи витраті актуальних для організму сполук і мінеральних елементів. Функціональна адаптація відбувається і тоді, коли окремі органи рослин, наприклад листки, пошкоджуються дією несприятливих чинників, але в цілому ріст і розвиток деревних рослин не припиняється або пригнічується лише на окремих етапах онтогенезу, в окремих фазах розвитку чи вегетаційних періодах, що загалом не позначається на стратегії фенотипу. Тому функціональні адаптивні зміни, як результат роботи всього організму, а не окремих метаболічних реакцій чи спрацювання певних внутрішніх систем, можна визначити й охарактеризувати за кількісними параметрами та співвідношеннями пластичних речовин в органах рослин, зокрема у листках. При цьому важливо встановити як найактивніші метаболічні ланки, так і сукупні зміни в асиміляційному апараті. Їх можна використовувати як загальні показники функціональної адаптації деревних рослин, а також для індикації стану довкілля.

УМОВИ, ОБ'ЄКТИ Й МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

У плануванні досліджень був застосований дворівневий підхід до підбору постійних об'єктів спостереження. На першому рівні визначено стаціонарні пробні площі (рис. 1) в лісопарках околиць Львова, у Тернопільській, Рівненській, Івано-Франківській і Волинській областях. Другий рівень охоплював мережу стаціонарних ділянок спостереження в насадженнях урбаністичної екосистеми міста Львова, що представляли три їх типи: паркові насадження (6 парків), сквери (5 скверів), лінійні насадження (10 насаджень) уздовж інтенсивно завантажених транспортними потоками вулиць центру.

Рис. 1.

У Східноєвропейській провінції Львів територіально захоплює зі сходу геоботанічний район дубово-соснових, дубових та грабово-дубових лісів, з півдня райони – дубових лісів і з південного заходу – букових лісів, у Центральноєвропейській провінції з північного заходу і з півночі – геоботанічний район букових, дубово-соснових та дубово-грабових лісів (Андрієнко та ін., 1977; Дідух і Шеляг-Сосонко, 2003). Рельєф території, на якій розбудований сучасний Львів, вельми пересічений і різноманітний, у поєднанні з інтенсивною урбанізацією ландшафту створює значні проблеми в зв'язку з застоєм забруднених повітряних мас у безвітряну погоду, особливо в теплий період року. Ґрунти під модельними насадженнями на території Львова переважно антропогенно змінені, але підбір дослідних ділянок здійснювали за умови переважання темно-сірих ґрунтів на лесоподібних суглинках, хоч і з різним ступенем їх девастрованості.

Місто Львів характеризується як забруднена і місцями дуже забруднена територія з річним максимумом аеротехногенних викидів до 500 тис. т·рік⁻¹. Емісія окислів азоту в самому місті становить 1965 т·рік⁻¹ (Україна..., 2000). Найчистішими (Крамарець, 1991) були його південні околиці, де збереглися Зубрівський і Винниківський ліси. Вони були вибрані як контроль для

порівняння з міськими насадженнями. Як позбавлений значного урботехногенного впливу контроль, взяте Гермаківське лісництво (Тернопільська обл.). Як територія інтенсивного хімічного забруднення, вибрана промислова санітарно-захисна зелена зона ВАТ “Рівнеазот” (м. Рівне).

Модельними з автохтонних деревних рослин були: *Taxus baccata* L., *Betula pendula* Roth., *Fagus sylvatica* L., *F. s. 'Laciniata'*, *F. s. 'Pendula'*, *F. s. 'Purpurea'*, *F. s. 'Roseomarginata'*, *Quercus robur* L., *Salix alba* L., *Tilia cordata* Mill., *T. platyphyllos* Scop., *Daphne mezereum* L., *Sorbus aucuparia* L., *Acer platanoides* L., *Fraxinus excelsior* L., з інтродуцентів – 34 представники іноземної дендрофлори.

Фенологічні й морфо-анатомічні дослідження виконували за традиційними методами (Бульгин, 1979; “Программа-методика...”, 1989), оцінку акліматизації інтродуцентів за методикою М. А. Кохна (1982). Для різнобічних досліджень об’єднаний зразок рослинного матеріалу формували з відібраних із кожного модельного дерева (7–10 особин) на висоті 7–8 м, двох-трьох вершинних пагонів поточного року. Особливості живлення рослин досліджували за “Современными методами...” (1984), В. В. Церлинг і А. А. Егоровою (1977), W. Bergmann (1986), хімічні аналізи сухої речовини листків виконували за Х. М. Починком (1976). Показники вмісту загального азоту, золи, відновлювальних цукрів, крохмалю, клітковини та ліпідів були взяті для калібрування аналізатора “Інфрапід-61” згідно з “Методическими указаниями...” (1986). Фізико-хімічні властивості зелених листків досліджували на рН-метрі за методикою, описаною В. С. Николаевским (1979). Реєстрацію флуоресценції листових пластинок (Кучерявий та ін., 1992) виконували за вимірювання таких її параметрів, як максимум підйому кінетичної кривої ($I_{\text{макс.}}$, відн. од.), рівень фонової ($I_{\text{ст.}}$, відн. од.) і тривалість спаду індукованої флуоресценції ($T_{\text{фл.}}$, с). Спостереження за мікрокліматом у Львові виконували за допомогою чотирьох, одночасно розгорнутих на стаціонарних пробних майданчиках, десантних метеорологічних комплектів (ДМК). Ґрунти вивчали за традиційними методиками (“Агрохимические методы...”, 1975, Андрущенко, 1970), забруднення ґрунтів за вмістом хімічних елементів аналізували стандартним методами: спектрографічним та атомно-адсорбційним (Русин, 1990). Статистичне опрацювання, графічне моделювання залежностей та аналіз цифрових результатів виконали традиційними методами (кореляційний, регресійний, дисперсійний та ін.) з використанням MS Excel 2000 і Statistica 6,0.

ТРАНСФОРМАЦІЯ ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА УРБАНІСТИЧНОЇ ЕКОСИСТЕМИ МІСТА ЛЬВОВА

Насадження Львова розчленовані забудовою й дорогами на велику кількість ділянок, що за спільними ознаками гемеробності становлять три групи. Зокрема, це великі лісопарки і внутрішньо-

міські парки, що є похідними екосистемами на місці корінних, здебільшого, дубових та букових лісів, і зберігають певну екологічну цілісність: саморегуляційну, захисну, біогеохімічну й інші функції. Сади і сквери – це істотно трансформовані й активно регульовані насадження, зберігають окремі структурні й функціональні ознаки природних екосистем. Вуличні насадження створені й підтримувані штучно, функціонують у значно зміненому, відносно місцевих природних умов, фізичному середовищі (особливо, лункові), тому мають ознаки виключно штучних екосистем.

Урбанізація територій спричинила істотну зміну мікроклімату в насадженнях Львова за такими показниками як температура повітря і ґрунту, вологість (рис. 2) та рухливість атмосфери, освітленість під наметом. Простежена перманентна рекреагенна і спорадична інженерна руйнація природної будови ґрунтових профілів під насадженнями, обмежена важлива роль детриту (Чорнобай, 2000) у малому біогеохімічному циклі. Дегресія тим глибша, чим меншу площу займають зелені ділянки (від парку – до садів, скверів і, зрештою, до придорожніх посадок). Незважаючи на розташування Львова у зоні достатнього зволоження із помірними опадами, негативно впливає на насадження втрата природних властивостей ґрунтів акумулювати й утримувати максимальні запаси продуктивної вологи. Вона зумовлена антропогенною руйнацією морфологічної будови ґрунтів і трансформацією мікроклімату (Гнатів, 2001; Гнатів і Артемовська, 2002). Простежена значна зміна поживного режиму корененаселеного пласту ґрунту через посилену мінералізацію органічних речовин, зменшення запасів легкогідролізованого азоту, обмінного магнію та підвищення вмісту доступних форм фосфору, калію, кальцію. Водночас відбувається докорінна зміна фізико-хімічних властивостей ґрунтового вбирного комплексу (ГВК), його нейтралізація та алкалізація.

За просування від насаджень околиць Львова (ліси) до парків, садів, скверів центральної частини і насаджень вулиць встановили стрімке збільшення забрудненості середовища техногенними інгредієнтами, зокрема – ґрунтів хімічними елементами (В у 2,8 і Na в 1,3 раза), в т.ч. важкими металами (Pb у 3,3 раза, Sn в 6,1, Ag у 2,9, Mo в 1,3, As у 1,8, Cu в 1,6 раза). Ґрунти лісу отримують з повітря менші обсяги поллютантів та під дією промивного водного режиму хімічні елементи мігрують у нижні горизонти (рис. 3). Найяскравіше це видно на прикладі олова (рис. 3, б), природний вміст якого в місцевих ґрунтах мінімальний.

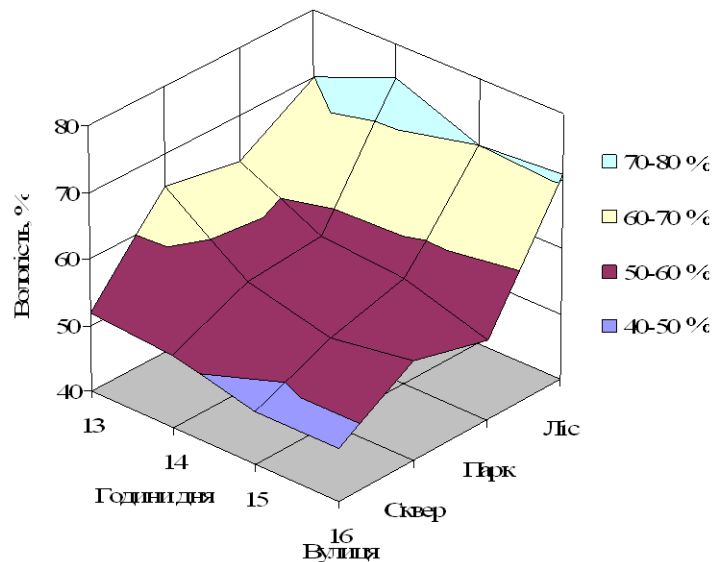


Рис. 2. Динаміка вологості повітря в насадженнях Львова й околиці за спостереженнями в середині серпневого дня: 70–80% – висока вологість під наметом приміського лісу; 60–70% – знижена вологість у парках і скверах міста з 13 години; 50–60% – низька вологість у насадженнях вулиць із 13 години, в парках і скверах із 14 години; 40–50% – дуже низька вологість під кронами дерев у насадженні вулиць із 14 години.

У місті, де техногенна емісія значно активніша, в екотопах парків і скверів добре виражене вмивання Pb, Sn, Cu й В з поверхневого шару в глибші горизонти. Це спричинює акумуляцію хімічних елементів на глибині 40–60 см. Через найглибші зміни в будові та погіршення водно-фізичних властивостей ґрунтів у насадженнях вулиць хімічні забруднювачі в найбільших кількостях тут нагромаджуються в поверхневому горизонті (Гнатів, Мазепа й Артемовська, 1995).

Різна локалізація техногенних поллютантів у профілях різноякісних ґрунтів під насадженнями парків, скверів та вулиць, серед яких є також біогенні елементи, має диференційований вплив на мінеральне живлення рослин і однозначно негативним його визнати не можна. Проте в умовах придорожніх насаджень забрудненість ґрунту й повітря в сукупності з найглибшою трансформацією інших важливих екологічних чинників створює найбільшу загрозу для культивування деревних рослин.

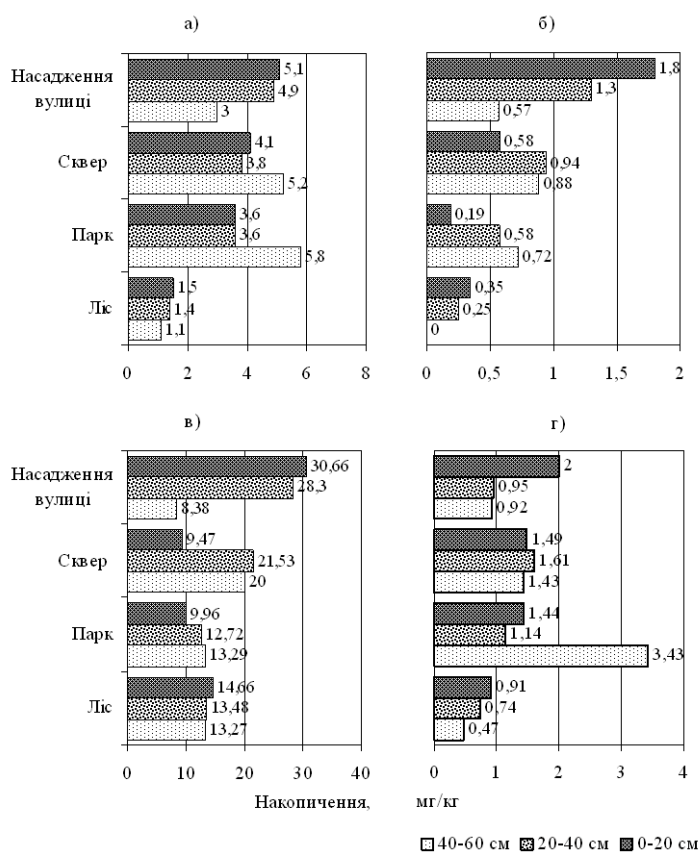


Рис. 3. Розподіл рівнів нагромадження хімічних елементів у профілях ґрунтів Львова залежно від місцезнаходження насаджень, мг/кг (а – Pb; б – Sn; в – Cu; г – B).

СТАН НАСАДЖЕНЬ ЛЬВОВА ЗА ПОКАЗНИКАМИ МОРФО-АНАТОМІЧНИХ ЗМІН В АСИМІЛЯЦІЙНОМУ АПАРАТІ Й ПІГМЕНТНОМУ КОМПЛЕКСІ

Під тиском трансформованого природного середовища в деревних видів у різних насадженнях Львова відбуваються адаптивні зміни, які супроводжуються певними морфологічними й анатомічними перебудовами асиміляційного апарата рослин, зміщеннями сезонних ритмів розвитку залежно від їхньої аутоекологічної пластичності (Горышина, 1989; Кучерявий, 1991).

За нашими даними пагони й листки рослин, що ростуть у найнесприятливіших умовах центральних вулиць і малих скверів, набувають виразних ксероморфних рис, змінюється габітус крон, пришвидшується темп річного циклу і раніше починається старіння листків. Асиміляційний апарат у рослин парків, великих скверів і садових масивів кращий, ніж у дерев звичайних (нормальних за повнотою і відповідних за віком деревостанів) лісів у подібних лісорослинних умовах в околицях Львова. Листки й пагони в сприятливих штучних екотопах міста, як правило, більші, і за дещо пришвидшеного настання вегетації весною осінні фази розвитку тут дещо запізнюються в порівнянні з лісовими і вуличними насадженнями. Зміни морфологічних показників у модельних видів аналогічні з поданими в наукових джерелах (Илькун, 1978) даними стосовно їхньої газостійкості. Так, наприклад, довжина листкової пластинки у *Salix alba*, що вважається дуже стійкою, в умовах екотопа вулиці Львова зменшена лише на 8%, у той час як у *Tilia platyphyllos* (стійка), *Tilia cordata* (відносно стійка), *Betula pendula* (малостійка) відповідно менша на 23%, 30 і 51%. Подібні залежності спостерігали і за іншими морфологічними показниками.

Аборигенні види *Fagus sylvatica*, *Fraxinus excelsior*, *Salix alba*, *Quercus robur*, а також інтродуцент *Robinia pseudoacacia* L. за фенологічними та морфо-анатомічними критеріями пристосування є добре адаптованими до місцевих умов і тому найстійкішими до урбогенної трансформації природного середовища Львова. *Betula pendula*, *Tilia platyphyllos*, *T. cordata*, *Acer platanoides* та інтродуцент *Aesculus hippocastanum* L. виявилися вразливішими до урбогенного тиску, тому в найскладніших умовах вирощування – по вулицях і в малих скверах, характеризувалися найвиразнішими ознаками морфо-анатомічних змін в асиміляційному апараті. Проте прикладів значного пригнічення та всихання дерев, які би засвідчували вихід за межі норм реакції генотипів і виснаження ресурсів адаптивного потенціалу нестійких видів у насадженнях Львова, в охопленій дослідженнями період, не виявляли.

Отже, фено-, морфологічні й анатомічні дослідження асиміляційних органів рослин дають важливу інформацію про інтегровану реакцію деревних видів на стан середовища загалом (Гнатів, 2000; Гнатів, 2004), проте зробити певний висновок про адаптацію організму за такими даними проблематично, оскільки вони інколи взаємно протилежні.

На трансформацію екотопів від околиці Львова (ліс) до насаджень парку й скверу *Quercus robur*, *Acer platanoides*, *Tilia cordata* реагували збільшенням вмісту хлорофілу *a* на 12–61% та каротиноїдів на 23–29%. Лише в насадженнях вулиць і малих скверів, де несприятливі умови, зауважена зворотна тенденція. Тут значний спад вмісту хлорофілу *b* зумовлював ще й підвищене співвідношення хлорофілу *a* до *b* (1,515–1,525). Водночас лише в *Acer platanoides* і *Tilia platyphyllos* на 12–17% зменшувався вміст каротиноїдів.

Вегетаційна динаміка змін у пігментному комплексі *Fagus sylvatica* та його садових форм, що ростуть у насадженнях Львова, відрізнялася. Декоративні форми містили в середньому за вегетацію на 10–60% більше пігментів і до серпня їхня кількість зростала. Звичайний бук лісовий містив істотно менше хлорофілів у листках, особливо на початку літа у насадженнях вулиці. Садові форми відзначалися вищим на 6–22% вмістом каротиноїдів.

Коливання вмісту й співвідношення пігментів у листках дерев підтверджували несприятливий тиск середовища, проте ослаблення фотосинтетичного апарата рослин за кількісними параметрами загалом не засвідчували. Застосування методу фотоіндукції флуоресценції для оцінювання функціонального стану пігментного комплексу (Карапетян і Бухов, 1986) показало залежність її параметрів від зміни екологічних факторів.

Наші дослідження флуоресценції живих листових пластинок виявили тісний зв'язок їх фотооптичних властивостей з рівнями трансформації середовища міста (Гнатів, Артемовська і Мазепа, 1997; Гнатів та ін., 1998). У найнесприятливішому для дерев середовищі вулиці простежене зменшення $I_{\text{макс}}$ на 0,2–3,5 відн. од. та $I_{\text{ст}}$ на 0,1–1,1 відн. од. у листків *Quercus robur*, *Acer platanoides*, *Fagus sylvatica* і *Tilia cordata*. Рівномірне згасання фотооптичної активності листків (за $I_{\text{макс}}$ та $I_{\text{ст}}$) відмічали у *Quercus robur* та *Acer platanoides* у червні. *Robinia pseudoacacia*, *Salix alba*, як дуже світлолюбні види, та *Fraxinus excelsior*, як світлолюбний, за зміни властивостей середовища від парку до вулиці активізували фоточутливість листків. *Aesculus hippocastanum* і *Acer platanoides*, як тіньовитривалі види, а також *Quercus robur*, як світлолюбний, зменшували її за інтенсивністю флуоресценції. У найнапруженіших умовах функціонування листків спостерігали достовірний спад інтенсивності та низький рівень фонові флуоресценції за коливання тривалості її стабілізації у більшості видів. Порівняння залежностей параметрів вмісту і співвідношення пігментів з параметрами флуоресценції листків показало, що у *Quercus robur* вони оберненопропорційні, в *Acer platanoides* прямопропорційні. Інші автори (Кияк і Козловський, 2003) повідомили, що інтенсивність люмінесценції *Leskea polycarpa* Hedw. у центральній частині Львова в 1,5–2 рази нижча, ніж в околицях.

Отже, в доповнення до традиційних кількісних оцінок пігментного комплексу нами доведена репрезентативність видових змін флуоресцентних властивостей листового апарата деревних рослин в аспекті вивчення функціонального стану та стійкості рослин в урбогенному екологічному середовищі, а також для біоіндикації сприятливості екоотопів.

ОСОБЛИВОСТІ МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ І ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ РЕАКЦІЙ ЛИСТКІВ ДЕРЕВНИХ РОСЛИН В УРБАНІЗОВАНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

В урбоекосистемах природний баланс біогенних елементів у малому біотичному циклі є порушеним і це негативно позначається на живленні рослин. Більшість яскраво видимих ознак дефіциту елементів у листковому апараті дерев виявлена в умовах насаджень вулиць, у насадженнях скверів (садів) вони менше виразні, в парках їх найменше. Візуальна діагностика дефіциту і хімічний аналіз вмісту елементів у *Quercus robur*, *Acer platanoides*, *Tilia cordata*, *T. platyphyllos* і *Aesculus hippocastanum* показали інформативність ознак мінерального живлення рослин в екологічному середовищі міста для розкриття фізіологічних причин морфолого-анатомічних змін в асиміляційному апараті та для попередньої оцінки й прогнозу несприятливих впливів. У ході чотирирічних спостережень нами удосконалена й апробована в декоративних насадженнях методика візуальної діагностики дефіциту N, P, K, Ca і Mg в асиміляційних органах деревних рослин.

Умови вулиць істотно погіршували баланс біогенних елементів у листках. На одиницю засвоєного *Quercus robur* фосфору припадало приблизно в двічі-тричі, а в *Acer platanoides* на третину більше інших елементів, ніж у природних лісових і паркових екотопах (табл. 1). Це створює істотно відмінні від звичайних умови внутрішніх метаболічних процесів у листках.

Таблиця 1

Середній вміст і співвідношення хімічних елементів у листках залежно від умов вирощування деревних рослин у Львові, % в сухій масі (1991-1992 рр.)

Насадження	N	P	K	Ca	Mg	Співвідношення вмісту N : P : K : Ca : Mg
<i>Quercus robur</i>						
Ліс	2,65	0,22	1,33	0,77	0,19	12,0 : 1 : 6,0 : 3,5 : 0,9
Парк	3,03	0,22	1,37	1,12	0,16	13,8 : 1 : 6,2 : 5,1 : 0,7
Вулиця	2,63	0,15	1,53	1,22	0,15	17,5 : 1 : 10,2 : 8,1 : 1,0
<i>Acer platanoides</i>						
Ліс	2,78	0,18	1,33	1,18	0,16	15,4 : 1 : 7,4 : 6,6 : 0,9
Парк	2,62	0,28	1,52	1,43	0,30	9,4 : 1 : 5,4 : 5,1 : 1,1
Вулиця	2,44	0,16	1,64	1,34	0,15	15,2 : 1 : 10,2 : 8,4 : 0,9

Статистичне опрацювання наших даних підтвердило наявність достовірних зв'язків між показниками накопичення хімічних елементів у листках модельних видів і геохімічними властивостями трансформованих ґрунтів у насадженнях. Проте прямого зв'язку між сприятливими рівнями доступності мінеральних сполук з ґрунту й активністю їхнього накопичення листками в урбанізованому середовищі не простежено. Це доводить, що на процес живлення дерев в урбоекосистемі загалом істотно впливають властивості ГВК, вологість, щільність та забрудненість ґрунту хімічними інгредієнтами. Останні активно, інколи в надмірних кількостях, проникають у самі

листки прямо з повітря (Karolewski, 1989), чим відчутно корегують асиміляцію основних біогенних хімічних елементів.

На прикладі тестування *Quercus robur* і *Acer platanoides* в екотопах Львова переконуємося, що умови паркового фітоценозу в міському середовищі є оптимальнішими для мінерального живлення дерев, зокрема азотом, порівняно з природними лісовими, а особливо з умовами насаджень вулиць. Цим пояснюємо кращий габітус дерев в умовах парків міста. В умовах вулиць деревні рослини виявляють стійкі ознаки диспропорцій у мінеральному живленні. З метою завчасної оцінки таких змін методом хімічних тестів нами розроблені рекомендації для диференційованого відбору листків із різних частин крони залежно від аутокологічних особливостей виду (Гнатів і Артемовська, 1996; 1998). Ці ж пропозиції можна використовувати для біоіндикації якостей екотопів та навколишнього середовища загалом.

Природна хімічна подібність багатьох елементів і сполук, що присутні в зовнішньому середовищі, зумовлює їх проникнення у рослини разом з біогенними, чим створюються додаткові електролітичні, метаболічні й у великих дозах токсикотвірні проблеми. Для оцінки роботи буферної системи листків нами застосоване відношення рН' (після штучного підкислення) до рН початкового. Цей показник характеризує рівень протидії внутрішнього середовища підкисленню ззовні та свідчить, що в умовах лісу найстійкішу буферну систему мають *Acer platanoides* (39%), *Tilia cordata* (36%), *Quercus robur* (35%). Проте в насиченому аероємітентами середовищі міста ці види втрачають буферність протопласту: більше *Acer platanoides* (27%), менше *Quercus robur* (29%).

За показником реакції протопласту із 37 інтродуцентів дендрарію Ботанічного саду НЛТУ України 29 у кінцевому підсумку в ході вегетації втрачали кислотну реакцію листків, 8 її нарощували, 25 видів послаблювали протидію підкисленню, а 12 її посилювали. Загальними закономірностями є: зменшення концентрації іонів водню до середини літа, і особливо, на початку осені порівняно з весняними параметрами; зменшення величини ДрН у середині й збільшення на завершенні вегетації. Різні види мають стійкі індивідуальні показники динаміки фізико-хімічного пристосування до трансформації довкілля. Більшість інтродуцентів реагували подібно до місцевих видів (*Fagus sylvatica* й ін.). Аналіз кореляцій між вмістом азоту й зольних елементів, а також між ними та показниками кислотності протопласту листків упродовж вегетації, дозволив з'ясувати, що насичення тканин зольними сполуками статистично достовірно спричиняє втрату буферної потенції клітин (табл. 2). При цьому втрачається тіснота зв'язку рН і ДрН, а також зольності листків із буферними властивостями протопласту. Водночас встановлено, що трансформоване екологічне середовище в насадженнях вулиць найактивніше впливало на буферні властивості протопласту (за рН-ДрН), що корелювали зі змінами морфо-анатомічних параметрів листків.

Таблиця 2

Зміни коефіцієнтів кореляції параметрів кислотності листків і вмісту в них азоту й зольних елементів ($N = 27$) у деревних видів дендрарію Ботанічного саду НЛТУ України (м. Львів) упродовж вегетації 1999 року

Стан асиміляційного апарата – термін відбору зразків	Коефіцієнти парної кореляції між показниками внутрішнього стану листків					
	азот–зольні елементи	pH–ДрН	азот–рН	зольні елементи –рН	азот–ДрН	зольні елементи –ДрН
Активний приріст листків і пагонів – 2.06	0,38	0,99	0,43	0,75	0,24	0,50
Найактивніший період асиміляції – 7.07	0,38	0,90	0,52	0,69	0,41	0,48
Початок старіння листків – 8.09	0,30	0,83	0,47	0,62	0,46	0,47

Отже, як забруднювачі атмосфери, так і поглинені біогенні елементи змінюють кислотність і буферність внутрішнього середовища в листках дерев у насадженнях Львова (Гнатів, 1999; Гнатів, 2001). Проте, ці фізико-хімічні показники не можуть бути вичерпними критеріями пристосування рослин в урбоекосистемі. Вони лише свідчать, що внутрішнє середовище організму рослин значно хімічно змінюється під впливом найбільше трансформованого зовнішнього середовища вулиць і невеликих скверів.

ДИФЕРЕНЦІАЦІЯ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ СУХОЇ РЕЧОВИНИ ЛИСТКІВ ДЕРЕВНИХ РОСЛИН ЯК ФУНКЦІОНАЛЬНА РЕАКЦІЯ НА ЕКОЛОГІЧНІ УМОВИ ЇХ ВИРОЩУВАННЯ

В асиміляційному апараті деревних рослин в урбоекосистемі Львова відбуваються універсальні структурні й метаболічні перебудови. Визначення хімічного складу сухої речовини листків модельних видів зі стаціонарних пробних майданчиків у насадженнях міста впродовж 1991–1994 років дало змогу виявити значну його диференціацію й просторову динамічність. За вмістом азоту й зольних елементів у листках *Quercus robur* і *Acer platanoides* у парках, а також у великих скверах в *Aesculus hippocastanum*, умови живлення для цих видів у таких ектопах були сприятливіші, ніж у лісі. Водночас простежено збільшення загальної кількості відновлювальних цукрів, крохмалю й інших безазотистих екстрактів з посиленням урбогенного впливу. Натомість клітковина й ліпіди з

цієї причини становили щораз менші пропорції. У насадженнях вулиць, де умови для рослин найважчі, це пояснюємо розбалансуванням співвідношення зольних елементів і азоту, яке ускладнило внутрішньоклітинні умови метаболічних реакцій. Унаслідок виниклих проблем у клітинах присутні в підвищеній кількості безазотисті екстрактивні речовини (БЕР без цукрів і крохмалю) – найпростіші вуглеводи (від 36,3% у *Aesculus hippocastanum* до 37,8% у *Quercus robur*), що повинні асимілюватися рослиною у різні життєво важливі сполуки за сприятливіших умов.

Засвоєні листками азот і зольні елементи мали найістотніший вплив на утворення цукрів, крохмалю, а також сукупної кількості всіх водорозчинних вуглеводів у насадженнях вулиць. Умови живлення рослин загалом визначали частку всіх вуглеводів, що припадає на сумарну кількість присутніх у листках азоту й зольних елементів. Спільною для *Quercus robur* і *Acer platanoides* є тенденція зменшення частки білків відносно БЕР (без цукрів і крохмалю). В умовах вулиці в обох видів нагромаджувалася найбільша кількість БЕР відносно білків. В умовах парків *Quercus robur* і *Acer platanoides* загалом містили в листках найсприятливішу пропорцію білків відносно цукрів. За такого співвідношення в парках і великих скверах рослини розвивалися краще, ніж у конкурентних лісових чи трансформованих вуличних екотопах. За посилення урбанізації середовища на наявну кількість білків припадає щораз більше крохмалю. Це свідчить про сповільнення використання цукрів на розбудову тканин, чи транспорту їх у стовбур і корені.

З огляду на це вбачаємо перспективним використання таких показників, як вміст азотних сполук, водорозчинних вуглеводів – цукрів, крохмалю і решти БЕР, не водорозчинних – клітковини й ліпідів, у листках для визначення неспецифічних метаболічних змін як універсальної відповіді деревних рослин на інтегрований вплив чинників середовища їхнього росту (Гнатів, 1994; Гнатів, 2000; Гнатів, 2004). Ці критерії можуть бути застосовані для оцінювання як стійкості рослин певного виду, так і ступеня трансформованості природного середовища, якщо їх визначати в запропонованій послідовності й розглядати в сукупності за взаємними співвідношеннями.

Цілісний спектр хімічного складу основних органічних і мінеральних компонентів сухої маси листків із рослин досліджуваного виду, що ростуть у сприятливих умовах, може служити оперативним тест-стандартом, ширина кожної зі смуг якого у відсотках відображає кількісно-якісний оптимум їх фізіологічної адаптації. Для особин із несприятливих екотопів аналогічний спектр буде істотно відрізнятися, як це показано на прикладі *Quercus robur* і *Acer platanoides* (рис. 4) у насадженнях вулиці.

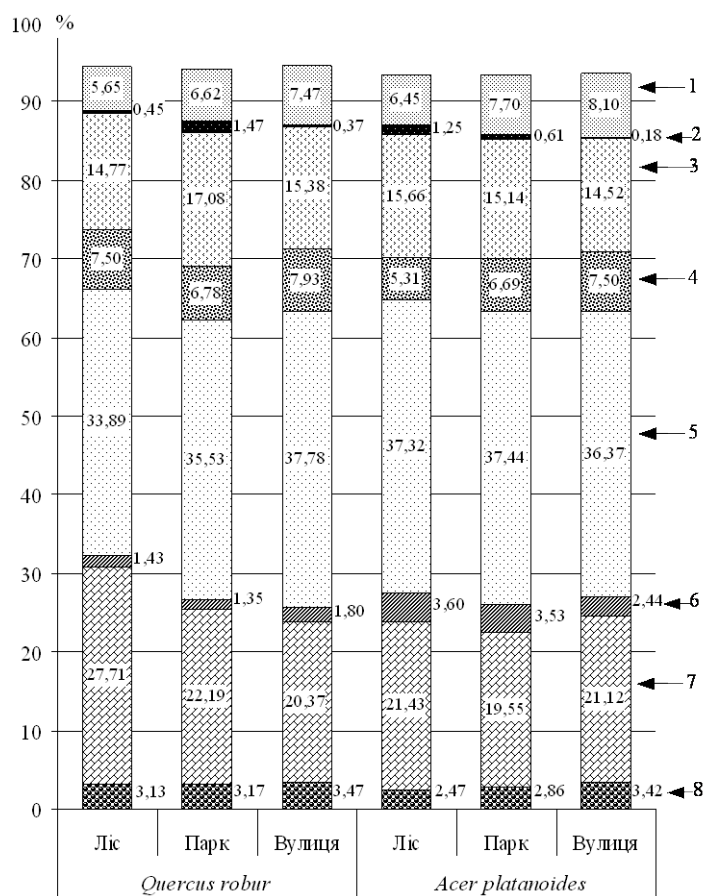


Рис. 4. Спектри хімічного складу сухої речовини листків деревних рослин в умовах насаджень Львова і приміського лісу (%): 1 – зольні елементи, 2 – небілкові азотисті сполуки, 3 – білки, 4 – цукри, 5 – безазотисті екстрактивні речовини, 6 – крохмаль, 7 – клітковина, 8 – ліпіди (у повітряно-сухій масі проб присутні 5–7% вологи).

Порівняння спектрів хімічного складу сухої маси листків модельних видів із різних екоотопів Львова дозволяє стверджувати, що трансформація природного середовища зумовила комплексне зрушення внутрішніх процесів в асиміляційному апараті, але функціональна адаптація дерев загалом проходить у межах норми реакції.

У розвиток нашої гіпотези була здійснена перевірка репрезентативності показників хімічного складу сухої речовини листків, як критеріїв адаптації деревних рослин у різних еколого-географічних умовах України. Встановлено, що порівняно з умовами Львова асиміляція

азоту листками *Quercus robur* зростала на Поділлі на 0,6 і в Причорномор'ї на 0,8%. При цьому підвищувався вміст крохмалю на 0,5 і 1,0%, цукрів на 0,6 і 1,5%, зменшувався рівень накопичення зольних елементів на 0,7%. *Acer platanoides* менше реагував на еколого-географічні умови, але вміст цукрів у Причорномор'ї був на 2,9% вищий, ніж у парку Львова. Зіставляючи хімічний склад листків *Quercus robur* у Причорномор'ї і Поділлі з насадженнями Львова бачимо найбільшу його подібність з рослинами, що ростуть у міському парку. Листки *Acer platanoides* у парках і скверах Львова за пропорціями сухої маси подібні лише до листків рослин із Поділля, натомість її склад у приміському лісі Львова, на Поділлі та в Причорномор'ї мав чіткі відмінності.

Згідно з результатами досліджень, в умовах свого природного поширення *Quercus robur* (Поділля й Полісся) і *Fraxinus excelsior* (Поділля) містили в листках найменше білків (відповідно 13,2 та 9,3%), порівняно з невласливими для них гірськими (Карпати) та міськими (Львів) умовами (рис. 5). Натомість *Sorbus aucuparia* й *Betula pendula* низьким вмістом білків (10,7 та 11,7%) реагували на умови Карпат. В інших місцях вирощування, що далекі від оптимальних для них, ці види мали істотно більшу кількість білків, а особливо в умовах вулиць (Львів), як і *Fraxinus excelsior* та *Aesculus hippocastanum*. Останній вид, як інтродуцент з півдня, характеризувався найнижчим рівнем вмісту білків у листках на Поділлі (12,1%). Техногенний тиск на рослини у Львові достовірно підтверджений найвищим рівнем накопичення зольних елементів у листках усіх модельних видів. Адекватні для них умови вирощування передбачали менший рівень вмісту зольних сполук. Найяскравіше це видно на прикладі *Quercus robur* і *Fraxinus excelsior* на Поділлі та *Sorbus aucuparia* в Карпатах, *Betula pendula* на Поліссі і в Карпатах. Отже, рівні синтезу білків і нагромадження зольних елементів у листках свідчать про функціональну залежність метаболізму в них від природних і техногенних умов. У *Quercus robur*, *Fraxinus excelsior* й *Aesculus hippocastanum* простежували істотне зменшення целюлозомісткості листків за зростання вмісту в них білків. Достовірно найвищий вміст клітковини визначений у природних місцях поширення видів. Середовище Львова спричинило зменшення її частки в листках. Нижчим був вміст клітковини в гірському середовищі Карпат у *Quercus robur* та *Aesculus hippocastanum*, котре для цих видів є неприродним місцем культивування. Умови теплого Поділля для *Quercus robur* і *Fraxinus excelsior*, а також інтродуцента *Aesculus hippocastanum* були найсприятливішими за цим показником.

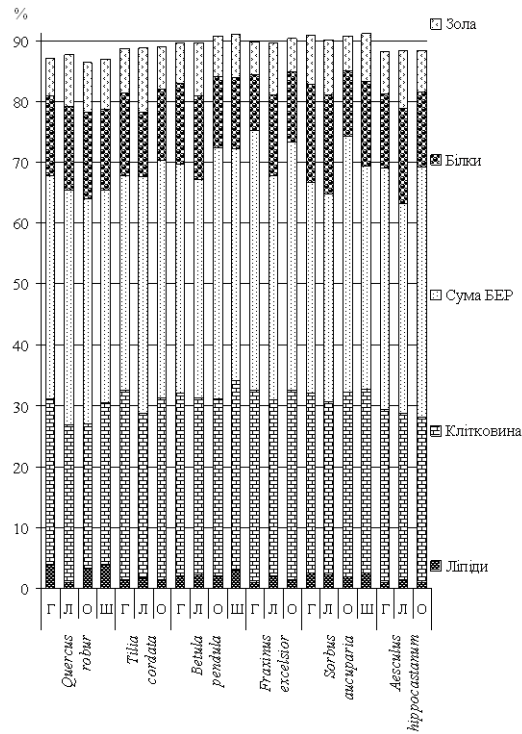


Рис. 5. Спектри хімічного складу (%) сухої речовини листків деревних рослин у різних еколого-географічних зонах України за основними групами метаболітів:

Г – Гермаківське лісництво (Поділля), Л – насадження вулиць Львова,

О – Осмолодський ДЛГ (Карпати), Ш – Шацький НПП (Полісся).

У гумідних умовах Карпат кількість ліпідів у листках модельних видів була найменшою. Сухіші й теплі умови Поділля стимулювали їх утворення. Урбогенне середовище Львова спричинювало утворення найбільшої кількості ліпідів у *Betula pendula*, *Fraxinus excelsior*, *Aesculus hippocastanum*, підвищеної – у *Sorbus aucuparia*. Пропорція вільних водорозчинних вуглеводів у сухій масі листків відхилялася від норми там, де середовище вирощування було несприятливим. *Betula pendula*, *Fraxinus excelsior*, *Sorbus aucuparia* й *Aesculus hippocastanum* зменшували резерви вуглеводів у трансформованому середовищі міста, *Quercus robur*, *Tilia cordata* і *T. platyphyllos* збільшували їх.

Отже, хімічний склад сухої речовини листків деревних видів у конкретних місцях їх росту – від малозмінених природних умов у характерних для Заходу України еколого-географічних зонах до трансформованих екоотопів Львова, був різним. Це підтвердило універсальність і перспективність вивчених показників як індикаторів функціональної адаптації рослин (Гнатів, 2003). Вміст азоту,

білків, зольних сполук, водорозчинних вуглеводів, клітковини й ліпідів та їхнє співвідношення у листках достовірно залежить від властивостей природного й урбанізованого середовища та видової метаболічної реакції на нього деревних рослин.

ВЕГЕТАЦІЙНА ДИНАМІКА МЕТАБОЛІЧНИХ ЗМІН У ЛИСТКАХ ДЕРЕВНИХ РОСЛИН В УРБАНІЗОВАНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

Ознакою стійкості обміну речовин є здатність рослин оперативнo акумулювати й раціональнo витратити фонди асимілянтів, згладжувати ривки в інтенсивності метаболізму, особливо за зміни екзогенних факторів (Гродзинський, 1983). Наприклад відомо, що водний дефіцит у певні фази вегетації пришвидшує синтез восків і лігніну в клітинах, спричинює утворення стресових білків, певних амінокислот (проліну тощо), розчинних вуглеводів.

Веgetаційні зміни метаболізму фіксували щомісяця у червні, липні, серпні й вересні в насадженнях міста й околиць Львова. У *Quercus robur*, *Acer platanoides* і *Fagus sylvatica* встановили, що в екотопах лісу на тлі збалансованого азотного й мінерального живлення та мінімального антропогенного впливу листки формували достатній метаболічний потенціал у вигляді цукрів і крохмалю, поступово використовуючи їх для реалізації веgetаційної стратегії фенотипу (Гнатів, 2000; Гнатів, 2003). В урбанізованих насадженнях види мали різну динаміку використання пластичних ресурсів. *Quercus robur* менше реагував на тиск довкілля за показниками динаміки вмісту цукрів і клітковини, ніж *Acer platanoides*, і за ходом ліпідного обміну виявляв ознаки захисного пристосування листків у другій половині веgetації. *Fagus sylvatica*, асимілюючи більшу кількість азоту в усіх насадженнях, мав вищу пропорцію цукрів і крохмалю лише в екотопах міста, в т.ч. у штучному насадженні вулиці. Інтродуцент *Cercidiphyllum japonicum* Sieb. et Zucc. за аналогічних умов лише малопомітно реагував збільшенням вмісту в листках водорозчинних вуглеводів і клітковини на жорсткі умови вулиці, що свідчить про його стійкість у реалізації веgetаційної стратегії в урбаністичній екосистемі Львова.

Для глибшого вивчення зв'язку метеорологічних чинників і метаболічних процесів в асиміляційному апараті рослин у насадженнях вулиць було здійснено спостереження у період з другої декади червня і до кінця липня з інтервалом у 3-4 доби. Виявлено, що зі змінами температури повітря, ґрунту та поміж собою найтісніше корелювали показники метаболізму знову ж таки в *Acer platanoides* (10 істотних кореляцій – $r \geq 0,53$), згодом – *Fagus sylvatica* (4) і *Quercus robur* (2 істотних кореляцій). Зазначимо високі коефіцієнти кореляції показників вмісту азоту й крохмалю з

температурою ґрунту в *Quercus robur*, цукрів і крохмалю з температурою як повітря, так і ґрунту в *Acer platanoides*. Рівень зольності листків оберненопропорційно корелював з цукрами (рис. 6) і крохмалем у *Quercus robur*, азотом і ліпідами по-різному – в *Acer platanoides*, азотом і ліпідами – прямопропорційно, цукрами – оберненопропорційно у *Fagus sylvatica*.

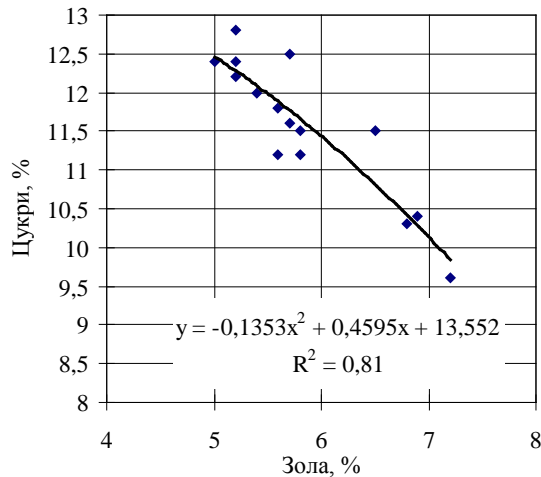


Рис. 6. Регресійна залежність рівнів вмісту відновлювальних цукрів і нагромадження зольних сполук у листках *Quercus robur* упродовж червня-липня (коефіцієнт кореляції $r = -0,90$; величина достовірності апроксимації $R^2 = 0,81$).

На наступному етапі досліджень простежена динаміка метаболізму різних за газостійкістю деревних видів (за Илькуном, 1978: *Robinia pseudoacacia*, *Salix alba* – дуже стійкі види; *Quercus robur*, *Fraxinus excelsior* – стійкі; *Aesculus hippocastanum*, *Acer platanoides* – відносно стійкі) з відборами матеріалу в кінці весни, в середині літа й на початку осені. Всі модельні види весною мали найбільше азоту в листках (2,7–4,5%), а стійкі – *Robinia pseudoacacia* та *Salix alba*, асимілювали збільшену від парку до насаджень вулиці кількість цього елемента (відповідно від 4,5% до 5,0 і від 4,5 до 4,9%). Листки дерев накопичували значну кількість зольних елементів (6–12,5%), *Salix alba* – 4,5–9,5%. Їх вміст підвищувався як за збільшення урбогенного тиску (від парків до насаджень вулиць), так і в ході вегетації. У найменше газостійких видів – *Acer platanoides* й *Aesculus hippocastanum*, в умовах вулиць частка золи в листках восени була найвищою (11,8–12,5%).

Дуже стійкі та стійкі види ще з весни мали найбільший вміст цукрів у листках, особливо в умовах парків і скверів (10,8–12,7%). Малостійкі види нагромаджували більше цукрів у середині

літа (*Aesculus hippocastanum* – 11,7%) або восени (*Acer platanoides* – 12,3%). У дуже стійких видів лише в середині вегетації спостерігали збільшення пропорції цукрів у листках під тиском погіршення умов. У малостійких видів така реакція відмічена й восени. З весни до осені в усіх видів зменшувалася частка жирів. Маючи найбільше їх весною *Salix alba* зберегла це лідерство і восени, підтримуючи впродовж весни й літа найбільший вміст ліпідів в умовах вулиці (9,8%). Найменше жирів восени залишалося в *Aesculus hippocastanum* та *Acer platanoides*, особливо в насадженнях вулиць (0,9–1,1%). Відносно однотипною була динаміка вмісту клітковини в листках. Весною дуже стійкі види містили найменше вільних водорозчинних вуглеводів – БЕР (без цукрів і крохмалю), навіть у насадженнях вулиці (23,6–31,8%). Отже, ці види й тут активніше ростуть і використовують весь пластичний резерв на розбудову органів. Малостійкі види під тиском несприятливих умов істотно зменшували кількість вільних вуглеводів як у середині літа, так і ще виразніше восени. Такі два найвагомші компоненти листків, як клітковина і водорозчинні вуглеводи, перебували головно в оберненопропорційній залежності між собою. Отже, коли рослини за сприятливих умов швидко нарощують фітомасу листків, відсутність великого резерву простих вуглеводів у них закономірна.

За аналогічною схемою нами проведені дослідження у весняній фазі активного утворення листкового апарата дерев. Від травня до червня *Robinia pseudoacacia* і *Salix alba* збільшували вміст азоту в листках у парках і в скверах, уздовж вулиці – лише *Salix alba*. Висока активність росту асиміляційних органів весною зумовлювала мінімальні пропорції цукрів і крохмалю в них, що були найменшими в *Acer platanoides* та *Aesculus hippocastanum*. До червня *Robinia pseudoacacia* і *Quercus robur* всі резерви цукрів спрямовували на утворення тканин молодих листків, тому істотно зменшували їх пропорцію.

Таким чином, загальними у динаміці пристосування різностійких деревних рослин у насадженнях Львова є майже рівні стартові умови метаболізму з незначними видовими особливостями пропорцій присутності поживних і пластичних речовин у листках. До завершення вегетації стійкі види: *Robinia pseudoacacia* та, особливо, *Salix alba* мало змінювали високий рівень насичення листків азотом, утримували у вузьких межах коливання пропорції цукрів, жирів і клітковини, водночас не нагромаджували в них неасимільовані прості вуглеводи – БЕР. Такий баланс передбачає спрямування пластичних ресурсів дерев у стовбур і корені та формування запасів на наступний вегетаційний період. За компонентним складом листків бачимо, що такі види як *Acer platanoides*, *Aesculus hippocastanum*, а також інші малостійкі види, найшвидше ослаблюють адаптивний потенціал, виснажуючи його метаболічну базу в насадженнях вулиць. З другої половини вегетації тут уже з'являються ознаки старіння асиміляційного апарата.

Дослідження динаміки метаболічних змін у листках *Fagus sylvatica* в насадженнях Львова проведені з 13 травня до 16 вересня. Встановлено, що впродовж фази активного формування

асиміляційних органів (від останньої декади травня і до середини липня) в листках рослин вулиці містилося найбільше азоту, поступово використовувалася найбільша кількість цукрів і водночас стрімко зростали оперативні резерви крохмалю (рис. 7).

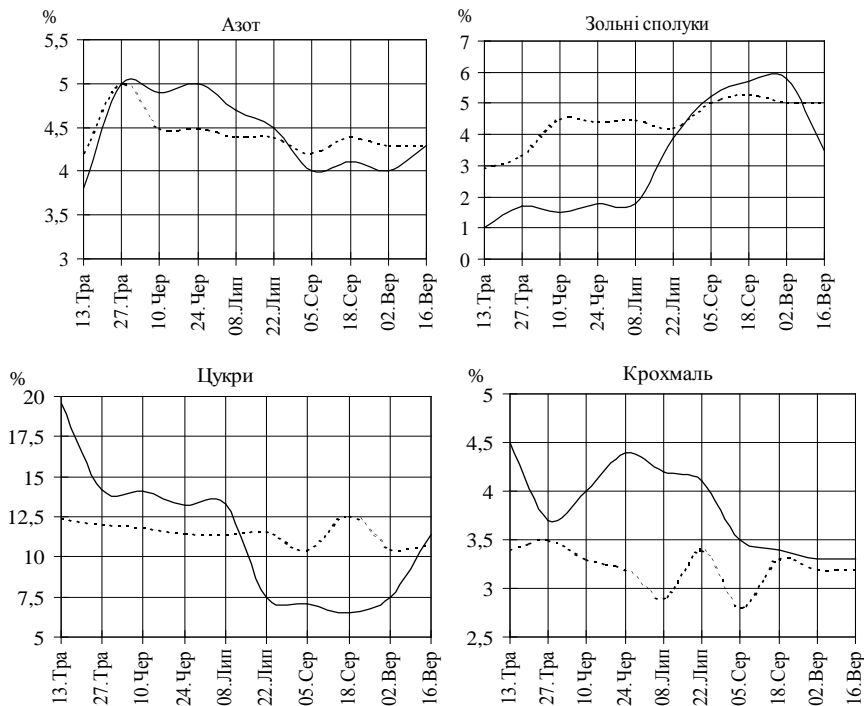


Рис. 7. Динаміка вмісту хімічних речовин у листках *Fagus sylvatica* впродовж вегетації у Львові (% у сухій масі): — насадження вулиці; - - - - насадження парку.

Пропорція клітковини істотно зменшувалася. Зольні елементи присутні в мінімальній кількості, проте поступово їх частка збільшувалася. У середині літа у найактивніший період пропорції азоту та цукрів у листках значно зменшувалися, не відкладався крохмаль, але водночас дуже активно до самої осені підвищувалася частка зольних елементів. У парку це теж відбувалося, але, як і всі інші метаболічні процеси, протікало значно стабільніше, з незначними коливаннями, що спричинені головню погодними чинниками. Аналіз кореляцій між згаданими показниками підтвердив, що відповідно до умов вирощування внутрішні процеси в листках *Fagus sylvatica* проходили в тісній за-

лежності від вмісту азоту й зольних елементів (11 істотних $r \geq 0,50$). Графічне відображення у формі поверхні регресії достовірних зв'язків одного із показників від двох інших показало, що коли вміст азоту збільшувався за низького засвоєння зольних елементів, то це навіть зменшувало частку цукрів у листках. Якщо ж підвищення частки азоту і зольних сполук відбувалося одночасно, то роль азоту в утворенні цукрів була виразно позитивною. Подібна залежність виявлена у впливі на резервування крохмалю. За великої частки зольних елементів роль азоту в збільшенні його запасів підвищувалася.

Отже, за достатнього як у природному, так і в трансформованому середовищі, живлення *Fagus sylvatica*, а також *F. s. 'Purpurea'* азотом, підвищеного засвоєння в умовах міста зольних елементів і стійкого вуглеводного балансу формується достатня метаболічна база функціональної адаптації рослин. Проте його форми – *F. s. 'Laciniata'* і *'Roseomarginata'*, мали менше сприятливу динаміку вуглеводного метаболізму, чим пояснюємо їхній слабкий ріст, меншу стійкість і, зрештою, малу поширеність у насадженнях міст (Гнатів, 2003; Гнатів, 2004). Менша адаптивність селекційних форм *Fagus sylvatica* очевидно свідчить про визначальну роль генотипу в формуванні адаптивного потенціалу рослин. Індивідуальна чи групова селекція за певними господарсько-цінними ознаками може супроводжуватися зниженням адаптивного потенціалу нових садових форм, як наприклад, у клонів *Fagus sylvatica*. Тому відбір на основі внутрішньовидової мінливості цікавих за різними ознаками особин деревних рослин повинен супроводжуватися оцінкою їхньої функціональної стійкості для подальшого диференційованого впровадження в насадження різного призначення.

ОЦІНКА АДАПТИВНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ІНТРОДУКОВАНИХ ДЕРЕВНИХ РОСЛИН І ЗБАГАЧЕННЯ ФІТОРІЗНОМАНІТНОСТІ ДЕКОРАТИВНИХ НАСАДЖЕНЬ ЛЬВОВА

Збереження у природі (Голубець, 2003) і залучення рослинних генетичних ресурсів у господарську сферу (Черевченко і Рахметов, 2003) – два сучасних шляхи збереження фіторізноманіття. Проте екологічні умови нової для інтродуцента екосистеми можуть значно відрізнятися. На Львівщині інтродукція деревних видів триває давно. Інвентаризація сучасних колекцій дендрофлори ботанічних садів Львова була завершена в 2000 році (Третяк, Гнатів і Щербина, 2000). Інтродуковані деревні рослини, що належать до 2 відділів, 39 порядків, 62 родин і 157 родів, загалом становлять 811 видів і нижчих таксонів. Зокрема вони представлені 532 видами, 201 формою, 34 різновидами, 28 сортами і 16 гібридами. Частка екзотів у колекціях становить 86,9%. На 2000 рік різноманіття деревних інтродуцентів у Львові з урахуванням наукових колекцій було представлено 1074 таксонами всіх рангів.

Інтродуковані деревно-чагарникові види за властивими їм фенологічними ритмами та морфо-фізіологічними особливостями істотно відрізнялися від аборигенів. Триразовий відбір та аналіз рослинних зразків (травень-червень, липень, вересень) упродовж двох років дав підстави впевнитися, що спектри хімічного складу сухої речовини листків реально відображають індивідуальну функціональну адаптивну реакцію кожного екзотичного виду в урбаністичній екосистемі Львова. Статистичний аналіз параметрів підтвердив достовірність різниці як між видами, так і між термінами спостережень.

На підставі аналізу спектрів хімічного складу сухої речовини листків 31-го виду нами окреслено три групи рослин за напрямом динаміки асиміляції азоту. Перша мала типову – характерну для аборигенів у даних умовах, динаміку. Найбільшу другу групу (10 видів) становили рослини, що поступово збільшували вміст азоту від весни до осені. З огляду на південне походження інтродуцентів із цієї групи припускаємо, що темп і характер метаболізму азотистих сполук в асиміляційних органах не вміщувався у часові рамки місцевого вегетаційного періоду. Третю групу рослин представляли деревні види, котрі істотно зменшували асиміляцію азоту в середині або загалом упродовж вегетації. Отже, друга й третя групи рослин виявили виразні, не характерні для місцевої дендрофлори, ознаки динаміки засвоєння азоту.

Аналогічний підхід щодо порівняння поглинання зольних елементів місцевими та інтродукованими рослинами показав, що природну динаміку аборигенів повторювали ще 15 екзотів. Друга група рослин зменшувала поглинання елементів до кінця вегетації. Третя група мала значне зменшення їх надходження у листки лише в середині липня.

Стійкі до урбанізованого середовища місцеві види в умовах Львова починали вегетацію з найбільшими ресурсами цукрів у листках, поступово знижуючи їхню частку до осені. Це в наукових джерелах (Лархер, 1978; Крамер і Козловський, 1983) і в наших дослідженнях (Гнатів, 2000; Гнатів, 2003) визнається як норма для рослин у своїх природних оптимумах. Цукри в листках, досліджених нами деревних видів, були присутні в діапазоні від 3,8% у *Pinus pallasiana* D.Don до 15,2% у *Ginkgo biloba* L. Автентичну до аборигенів динаміку їх вмісту мали 9 інтродуцентів, у решти простежили значні відхилення від неї. Порівнюючи динаміку крохмалю зауважимо, що сприятливою вона була майже в половини видів. У ході розвитку в листках місцевих представників поступово збільшувалася частка простих вуглеводів. Подібну динаміку мали 9 інтродуцентів. Друга група екзотів виявляла поступове зменшення частки БЕР у сухій масі листків упродовж усього сезону, третя – стрімко зменшувала її лише в середині літа. Загалом вуглеводи в листках дерев становили від 56,9 до 85,2% від їхньої сухої маси. Альтернативою їм є лише азотисті й зольні сполуки. Тому до завершення вегетації більшість видів мала стійку динаміку зменшення частки всіх вуглеводів у листках. Зауважимо, що клітковина в них кількісно не зменшується, але її відсоток у сухій речовині

знижувався. Аборигени й добре акліматизовані інтродуценти становили половину модельних видів, що містили найбільше клітковини.

Для виявлення загальних для модельної групи закономірностей функціональних реакцій рослин на нові умови вирощування виконали кореляційний аналіз параметрів 17 найважливіших показників. Тісна кореляція деяких прямих показників метаболізму листків зберігалася впродовж усього вегетаційного періоду і повторювалася з року в рік. Так забезпеченість азотом і мінеральними елементами разом мали значний вплив на 2–4 прямих і 6–8 розрахункових метаболічних показників. Сумарний вміст всіх вуглеводів корелював найтісніше ($r = -0,74$ — $-0,90$) з іншими 9–12-ма показниками. Стійкою упродовж вегетаційного періоду на протязі двох років досліджень була оберненопропорційна залежність вмісту всіх водорозчинних вуглеводів і мінеральних сполук у листках ($r = -0,61$ — $-0,74$), що найяскравіше відображало урботехногенний тиск середовища. Насичення зольними елементами рослин зумовлювало зменшення індекса співвідношення водорозчинних вуглеводів (суми БЕР) до структурних (клітковина+ліпіди). Жири утворювалися у тісній прямій залежності з відкладанням крохмалю, нагромадженням зольних елементів і водночас мали оберненопропорційну кореляцію з вмістом простих водорозчинних вуглеводів. Проте найвиразнішим індикатором зв'язку вуглеводного, а також значною мірою й білкового метаболізму, з якістю екотопів є індекс співвідношення цукрів і суми мінеральних елементів у листках. Він коливався в межах: від 0,5 до 4,6 відн. одиниць. Прийнятним, на нашу думку, для нормального росту й розвитку рослин є діапазон від 1 до 2 відн. одиниць.

Найвиразніші показники хімічного складу і динамічних змін метаболізму в листках, і найбільше між собою залежні, розділені нами на дві категорії. Перша категорія: нормальні – властиві для стійких автохтонних видів діапазони (“н”), друга: погіршені відносно показників місцевих рослин (“–”). Також зауважуємо нормальний (властивий для аборигенів) і несприятливий хід вегетаційних змін вмісту й співвідношення метаболітів у листках. За визнання параметрів нормальними, оцінюємо їх 10-ма балами, за несприятливих – 0-ем балів. Частина рекомендованих критеріїв подана в табл. 3.

Таблиця 3

Функціональні критерії адаптації деревних рослин за кількісними та динамічними показниками реакції асиміляційного апарата на екологічні умови

Показники вмісту метаболітів та їх співвідношення в листках рослин	Параметричні критерії	
	нормальний діапазон і рівень у критичний період	нормальна зміна вмісту в ході вегетації
Вміст відновлювальних 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 й мінімального в кінці
Вміст клітковини в найактивніший період асиміляції (липень), % у сухій масі	12—22	від найбільшої частки на початку до найменшої в кінці
Відношення суми БЕР до загальної кількості клітковини й ліпідів (індекс водорозчинних вуглеводів) у найактивніший період асиміляції (липень), відн. од.	1,2—1,8	від мінімального на початку до максимального в кінці
Відношення частки цукрів до загального вмісту зольних сполук у найактивніший період асиміляції (липень), відн. од.	1,0—2,0	від максимального на початку до мінімального в кінці

Упевнившись у виразних і достовірних пристосувальних реакціях інтродуцентів упродовж вегетації, порівнюємо показники функціональної адаптації зі ступенями їх акліматизації в місцевих умовах (табл. 4). Акліматизаційні числа для багатьох екзотів на перший погляд значно відрізняються від підсумкової оцінки їхнього пристосування за функціональними критеріями в урбо-екосистемі Львова. Проте регресійний аналіз зв'язку отриманих показників підтвердив, що існує математично достовірна середня пряма кореляція між різними оцінками ($r = 0,49$; $N = 31$; $F_{\phi} = 9,06$; $P = 0,005$). Багато інтродуцентів (*Magnolia kobus*, *Pterocarya pterocarpa*, *Castanea sativa* та ін.) мають нижчі ступені акліматизації, але відносно високі оцінки за функціональними критеріями. Загалом вони добре ростуть, мають здоровий вигляд в умовах Львова.

Таблиця 4

Порівняльна оцінка адаптованості інтродуцентів в урбаністичній екосистемі Львова за показниками метаболічних змін в листках (“н” – норма; “–” – відхилення; над ризкою – за вмістом у середині літа; під ризкою – за вегетаційною динамікою)

Вид	Акліматизаційне число, балів	Показники функціональної адаптації						
		цукри	крохмаль	клітковина	сума БЕР/ клітковина +ліпід	цукри/зола	балів	
							за кри- теріями	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>Fraxinus lanceolata</i> Borkh.	97	-/-	н/-	н/н	н/н	-/-	30/20	50
<i>Hamamelis virginiana</i> L.	97	н/-	н/-	н/н	н/-	-/-	40/10	50
<i>Ptelea trifoliata</i> L.	95	н/н	-/-	н/-	н/н	-/-	30/20	50
<i>Padus virginiana</i> (L.) Mill.	93	н/н	н/-	н/н	-/-	н/-	40/20	60
<i>Magnolia kobus</i> DC.	90	н/н	н/-	н/-	н/-	н/-	40/20	60
<i>Ginkgo biloba</i> L.	87	-/-	-/-	-/-	-/н	-/-	0/10	10
<i>Mahonia aquifolium</i> Nutt.	85	-/-	н/-	-/-	-/-	-/-	10/0	10
<i>Cotinus coggigria</i> L.	85	-/-	н/-	-/-	-/-	-/-	10/0	10
<i>Kolkwitzia amabilis</i> Laxm.	85	-/-	-/-	-/н	-/н	-/-	0/20	20
<i>Pterocarya pterocarpa</i> (Michx.) Kunth ex I.Iljinsk.	85	-/н	н/-	н/-	н/-	-/-	20/20	40
<i>Weigela florida</i> (Bunge.) A.DC.	85	н/н	-/-	-/-	н/-	-/-	20/10	30
<i>Castanea sativa</i> Mill.	83	н/-	н/-	н/н	-/-	-/-	30/10	40
<i>Gymnocladus dioicus</i> (L.) C.Koch	83	-/н	н/-	-/-	-/-	-/-	10/10	20
<i>Chaenomeles japonica</i> (Thunb.) Spach	82	-/-	н/-	-/н	-/н	-/-	10/20	30
<i>Sophora japonica</i> L.	78	-/-	н/-	-/н	-/-	н/-	20/10	30
<i>Acantopanax pentaphyllum</i> Marsh.	77	-/-	н/-	-/н	н/-	-/-	20/10	30
<i>Metasequoia glyptostroboides</i> Hu et Cheng	70	-/-	-/-	-/н	-/н	-/-	0/20	20
<i>Laurocerasus officinalis</i> Roem.	58	-/-	-/-	-/н	-/-	-/-	0/10	10

З іншого боку, розбіжності в підсумкових оцінках виявлені у добре акліматизованих представників іноземної флори. Так, жоден із натуралізованих інтродуцентів не отримав максимальної суми балів за метаболічними показниками, адже середовище урбоекосистеми помітно корегувало рівень і динаміку мінерального живлення та вуглеводного обміну. Проте деякі екзоти, в яких метаболічні оцінки були високими, вірогідно, мали індивідуальну аутоекологічну перевагу в умовах певних урбогенних змін (аридизація та евтрофізація екотопів, алкалізація ґрунтів), а отже й краще функціонально пристосовувалися, що слід передбачати й уміло використовувати в озелененні.

Оцінювання за функціональними показниками дало змогу розподілити інтродуценти на три групи: стійкі – 50 і більше балів (*Robinia pseudoacacia*, *Cercidiphyllum japonicum*, *Fraxinus lanceolata* й ін.); пластичні – 20-40 балів (*Pterocarya pterocarpa*, *Weigela florida*, *Gymnocladus dioicus* та ін.); вразливі – 0-10 балів (*Ginkgo biloba*, *Mahonia aquifolium*, *Laurocerasus officinalis* та ін.). У першій

групі екзоти мають переважно високі акліматизаційні числа – 85-100 балів, у другій – як менші (від 77 балів), так і високі (до 100 балів), і в третій – найменші (від 58 до 95 балів). Представників групи стійких інтродуцентів визнаємо універсальними для озеленення видами, за виключенням у край несприятливих умов вулиць, де потрібний індивідуальний підхід. До групи пластичних зараховані види, які краще висаджувати в захищених ектопах міських парків, внутрішньоквартальних скверів і садів, внутрішньодворових насаджень. До групи вразливих належать інтродуценти, рівень функціональної адаптації яких недостатній, тому вони потребують відповідних умов для захисту від несприятливих впливів. Це впродовж тривалішого часу допоможе розкриттю та зміцненню адаптивного потенціалу й поступовій акліматизації стійких форм.

Спеціальною пробною площею для дендрофізіологічної індикації була санітарно-захисна зона хімкомбінату ВАТ “Рівнеазот”. Рівень хімічного забруднення його території дуже високий. До початку з’явлення видимих ознак ушкоджень – у другій декаді липня, відбирали проби здорових листків і пагонів для оцінки якості довкілля. Помірна кількість зольних елементів у них (4,2–6,5% абсолютно сухої маси) свідчить про нормальне ґрунтове живлення. Водночас значне нагромадження азотистих сполук, особливо в інтродуцентів (19,7–31,9% абсолютно сухої маси), а також у *Salix alba* (29,8%), підтверджувало активну асиміляцію азоту, хоч у місцевому ґрунті його міститься мало. З місцевих видів у *Acer platanoides* виявлена найбільша кількість простих водорозчинних вуглеводів у листках – 49,8% абсолютно сухої маси, а також помітне пригнічення метаболізму за вмістом цукрів, крохмалю і ліпідів. Найстійкішою стосовно метаболічних змін була *Salix alba*, яка зберігала потужний, утворений жирними сполуками кутикулярний покрив на листках. Найближча філогенетично *Salix matsudana* Koidz., хоч і є інтродуцентом для цього регіону і насичувалася азотом найбільше, теж зберігала потужний кутикулярний покрив, але явно знижувала частку клітковини, цукрів і затримувала крохмаль у листках у найбільшій кількості (5,4% абсолютно сухої маси).

Отже, за пропонованими показниками, зібраними в цілісний хімічний спектр сухої речовини листків, можна завчасно переконалися у виникненні проблем метаболізму в рослинах біля промислових підприємств, що забруднюють довкілля. На обстеженій території у складі викидів переважають леткі хімічні сполуки азоту. Їхнє проникнення в асиміляційний апарат дерев на початку вегетації стимулювало фізіологічні процеси. Проте, надходячи в надмірних кількостях та у суміші із супутніми фтористими й сірчаними емітентами, вони поступово спричинюють отруєння й некрози тканин (“Фитотоксичность...”, 1986). Тому на території ВАТ “Рівнеазот” спостерігали старіння й опадання листків на 2-3 тижні раніше порівняно з чистими, віддаленими від хімкомбінату, околицями.

Прикладні аспекти практичного визначення і використання показників функціональної адаптації деревних рослин в дендроекологічних дослідженнях, декоративному садівництві й селекції стійких видів і форм викладені в кінці заключного розділу дисертації.

Рекомендовано за загальним хімічним складом сухої речовини листків, який характеризується вмістом загального і/або білкового азоту, фосфору, калію, кальцію, магнію і/або загальною зольністю, вмістом цукрів, крохмалю, клітковини, ліпідів і безазотистих екстрактивних речовин, визначати функціональну реакцію деревних рослин:

- ✓ на урботехногенну трансформацію екологічного середовища в насадженнях великого міста (приклад, Львова);
- ✓ на умови вирощування у невласливих для природного поширення видів еколого-географічних зонах і на несприятливі екотопи;
- ✓ на значні відхилення погодних умов вегетаційного періоду від звичних і сприятливих для конкретних видів параметрів.

Цілісний спектр хімічного складу листків деревних рослин за наведеними показниками можна використовувати як об'єктивний тестовий стандарт:

- ✓ для визначення повноти успадкування функціональної адаптивності селекційним потомством від материнських форм, які характеризуються потужним адаптивним потенціалом;
- ✓ для дендрофізіологічної індикації стану навколишнього середовища і зонування екотопів з метою збагачення фіторізноманіття насаджень урботехногенних ландшафтів.

ВИСНОВКИ

Найважливішим науковим результатом дисертаційної роботи є теоретичне обґрунтування та експериментальне встановлення закономірностей функціональної адаптації деревних рослин в урбаністичній екосистемі великого міста і розроблення критеріїв, за якими можна оцінювати стан деревних рослин та умови їх культивування. Реалізація адаптивного потенціалу видів у трансформованому середовищі залежить від сприятливого балансу елементів мінерального живлення, формування пулу необхідних білкових і вуглеводних метаболітів в асиміляційному апараті для підтримання обмінних процесів у рамках норми реакції. Розроблений комплексний методичний підхід щодо оцінки стану дерев за ознаками їхнього мінерального живлення, за співвідношеннями білкових і вуглеводних компонентів та цілісним спектром хімічного складу сухої речовини листків. Ці критерії були застосовані для встановлення адаптивного потенціалу місцевих та інтродукованих видів в урбоекосистемі Львова.

1. Всебічна оцінка загального стану деревних рослин в урбанізованому середовищі на прикладі Львова ґрунтується на врахуванні його трансформованості за комплексом природних та антропогенних екологічних чинників. Умови Заходу України для деревних видів є сприятливими за

грунтово-кліматичними особливостями і некритичними за рівнем техногенного забруднення порівняно з промисловими містами Донецько-Придніпровського регіону. Концептуальною основою оцінки адаптації деревних рослин в урботехногенному середовищі є дослідження загальних результатів функціонування асиміляційного апарата, що проявляється у змінах хімічного складу листків.

2. В урбоекосистемі Львова комплексна трансформація екотопів у насадженнях парків відносно лісового (контроль) становить 55%, скверів і садів – 80%, а в насадженнях вулиць – 100%. Такі фактори, як сухість (більше повітряна й місцями ґрунтова), критично низька родючість і зруйнованість ґрунтів, зростаюча алкалізація ґрунтового вбирного комплексу й хімічна забрудненість екотопів, особливо, в насадженнях вулиць і в напрямку до центру міста, найбільше погіршують умови вирощування деревних рослин.

3. Під тиском трансформації урбанізованого середовища міста у дерев відбуваються зміни в феноритміці й у морфо-анатомічній будові асиміляційного апарата. Від лісу й парку до повністю змінених екологічних умов вулиць, особливо центру міста, переважно в бік зменшення змінюються морфологічні й анатомічні параметри листків, посилюється їхня ксероморфність.

4. Негативні зміни в пігментній системі листків дерев (зменшення кількості хлорофілів і каротиноїдів, погіршення їх співвідношення) відбувалися лише в умовах насаджень вулиць Львова, починаючи із середини вегетації. Фотооптичні властивості живих листків упродовж усієї вегетації істотно змінювалися в усіх видах насаджень. У найбільш екологічно напружених умовах у нестійких видів спостерігали знижену інтенсивність індукованої, нижчий рівень фонові флуоресценції листків і зміну тривалості її стабілізації.

5. В умовах насаджень вулиць і малих скверів у деревних рослин виявлені стійкі ознаки розбалансування живлення азотом, дефіциту фосфору, магнію, неприродно високий рівень надходження в листки калію, кальцію та решти зольних елементів. Умови парків є сприятливішими для засвоєння рослинами біогенних елементів у їх оптимальному співвідношенні порівняно з природними лісовими, й, особливо, вуличними насадженнями.

6. Фізико-хімічні показники стану листків (рН і стійкість буферної системи ДрН) аборигенних та інтродукованих видів залежать від їхньої аутоекологічної стійкості щодо проникнення кислих емітентів та умов мінерального живлення. Упродовж вегетації в частини інтродуцентів виявлене зменшення кислотності (подібно до місцевих видів), у частини – збільшення, деякі не реагували, а окремі мали максимум або мінімум у середині літа. Для стійких до урботехногенного пресу видів у ході вегетації характерне зменшення показника зміщення кислотності (ДрН), для вразливих – збільшення.

7. У листках деревних рослин у гетерогенній урбоєкосистемі Львова та в різних еколого-географічних умовах Заходу України встановлені достовірні зміни вмісту й співвідношення: білків і небілкових азотистих сполук, золи, клітковини й ліпідів, водорозчинних вуглеводів (цукрів, крохмалю й інших безазотистих екстрактивних речовин). Загальний спектр хімічного складу сухої листової маси в середині вегетаційного періоду в рослин, що ростуть у сприятливих для них умовах, відображає функціональний оптимум як об'єктивний тестовий стандарт для визначення адаптивних змін в асиміляційному апараті певного виду в несприятливому середовищі.

8. Для аборигенних деревних видів характерними реакціями на погіршення умов вирощування у малих скверах чи вулицях, а також у не відповідних до їхніх потреб еколого-географічних зонах, є підвищення в листках частки азотистих сполук і зменшення клітковини, збільшення вмісту цукрів, крохмалю й простих вуглеводів, зольних елементів. Функціональна реакція асиміляційного апарата дерев за метаболічними показниками на зміни умов вирощування і коливання погоди має видоспецифічні особливості.

9. Вегетаційна динаміка живлення, азотного й вуглеводного метаболізму асиміляційного апарата деревних рослин в умовах лісу, парків, скверів і вулиць Львова істотно відрізняється, але її характер виразно повторюється щосезону. Розбалансування метаболізму тим виразніше, чим менше стійкі види до зміни умов росту, особливо в другій половині вегетаційного періоду.

10. Селекція нових за декоративними ознаками форм у стійких аборигенних видів, як наприклад *Fagus sylvatica* L., призводить як до повного успадкування їхнього адаптивного потенціалу (*F. s.* 'Purpurea'), так і до часткової його втрати (*F. s.* 'Pendula', 'Laciniata' і 'Roseomarginata'), що підтверджене за допомогою розроблених функціональних критеріїв.

11. В урбаністичній екосистемі Львова автохтонні деревні види утворюють такий ряд стійкості за функціональними показниками адаптивного потенціалу: *Fagus sylvatica* L., *Salix alba* L., *Taxus baccata* L., *Quercus robur* L., *Betula pendula* Roth., *Fraxinus excelsior* L., *Tilia platyphyllos* Scop., *T. cordata* Mill., *Acer platanoides* L., *Sorbus aucuparia* L., *Daphne mezereum* L. Показники функціональної адаптації *Fagus sylvatica* є репрезентативними для оцінки можливостей пристосування інших видів.

12. Розроблена система найпоказовіших критеріїв оцінки функціональної адаптації для екзотичних видів, що проходять інтродукційне випробування в умовах урбоєкосистеми Львова. Для ряду показників встановлені оптимальні впродовж вегетації та критичні рівні в листках деревних рослин.

13. Для оцінювання адаптивного потенціалу інтродуцентів за показниками функціональної адаптації розроблена бальна шкала, за якою здійснене групування деревних екзотів як стійких, пластичних і вразливих. Збільшення різноманіття дендрофлори в озелененні можливе за

диференційованого розміщення видів у насадженнях урботехногенних територій залежно від стійкості рослин і якості екотопів.

14. Дендрофізіологічну індикацію якості урботехногенних екотопів можна здійснювати за показниками вуглеводного метаболізму (збільшення вмісту безазотистих екстрактивних речовин і зменшення відновлювальних цукрів, крохмалю, ліпідів) у нестійких видів (наприклад, *Acer platanoides* L.) та показниками збільшення вмісту білків і зменшення пропорції клітковини в стійких видів (наприклад, *Salix alba* L.). Інформативними об'єктами можуть бути інтродуценти (наприклад, *Aesculus hippocastanum* L., *Salix matsudana* Koidz.).

СПИСОК ОСНОВНИХ НАУКОВИХ ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Гнатів П. С., Мазепа В. Г., Артемовська Д. В. Акумуляція хімічних елементів в ґрунтах міських зелених насаджень // Наук. вісн. УкрДЛТУ. – 1995. – Вип. 3.1. – С.45–48. *(Здобувач є співавтором обґрунтування актуальності, мети й програми досліджень, тексту статті та співвиконавцем польових робіт).*
2. Гнатів П. С., Артемовська Д. В. Застосування методу мінералотрофної діагностики у вивченні стану деревних рослин // Наук. вісн. УкрДЛТУ. – 1996. – Вип. 5. – С.235–238. *(Здобувач є автором тексту та співвиконавцем польових досліджень).*
3. Гнатів П. С., Артемовська Д. В., Мазепа М. Г. Флуоресценція листків і її зв'язок з морфо-фізіологічними ознаками рослин // Наук. вісн. УкрДЛТУ. – 1997. – Вип. 7. – С.30–35. *(Здобувач є співавтором програми досліджень, автором тексту та співвиконавцем лабораторних експериментів).*
4. Гнатів П. С., Артемовська Д. В., Мазепа М. Г. Техногенна деградація ґрунтового вбирного комплексу та морфо-фізіологічні особливості адаптації деревних рослин // Наук. вісн. УкрДЛТУ. – 1998. – Вип. 8. – С.6–11. *(Здобувач є автором програми досліджень, тексту та співвиконавцем польових відборів матеріалу).*
5. Гнатів П. С., Мазепа М. Г., Артемовська Д. В. Буферні властивості живих листків деревних рослин в умовах екологічної деградації довкілля // Наук. вісн. УкрДЛТУ. – 1998. – Вип. 8.1. – С.6–11. *(Здобувач є автором обґрунтування актуальності, мети й програми досліджень, співавтором висновків і рекомендацій).*
6. Гнатів П. С., Мазепа М. Г., Артемовська Д. В., Борис В. М. Оцінка впливу газотранспортних викидів на стан дерев за допомогою фотоіндукованої флуоресценції // Наук. вісн. УкрДЛТУ. –

1998. – Вип. 9. – С.132–137. *(Здобувач є автором обґрунтування актуальності, мети й програми досліджень, тексту статті та співвиконавцем польових відборів матеріалу і лабораторних експериментів).*
7. Гнатів П. С., Артемовська Д. В. Асиміляція елементів живлення фотосинтетичним апаратом дерев у різних екологічних умовах // *Наук. вісн. УкрДЛТУ.* – 1998. – Вип. 9.1. – С.19–24. *(Здобувач є автором тексту та співвиконавцем польових досліджень).*
 8. Гнатів П. С. Біохімічні ознаки метаболізму листків в зв'язку з умовами мінерального живлення дерев // *Наук. вісн. УкрДЛТУ.* – 1999. – Вип. 9.9. – С.73–80.
 9. Гнатів П. С. Стрессова адаптивна реакція дерев у техногенному довкіллі // *Наук. вісн. УкрДЛТУ.* – 2000. – Вип. 10.1. – С.69–72.
 10. Мазепа М. Г., Гнатів П. С., Артемовська Д. В., Ган Т. В. Буферні властивості та морфо-анатомічні ознаки листків у техногенних умовах зростання дерев // *Наук. вісн. УкрДЛТУ.* – 2000. – Вип. 10.2. – С.87–90. *(Здобувач є автором обґрунтування актуальності, мети й програми досліджень, співавтором висновків і рекомендацій).*
 11. Гнатів П. С. Сезонна динаміка метаболічної адаптації листків деревних порід у антропогенізованому екологічному середовищі // *Наук. вісн. УкрДЛТУ.* – 2000. – Вип. 10.3. – С.201–210.
 12. Гнатів П. С. Фундаментальні методи агрономічної хімії в дендрології: сучасні уявлення та перспективи застосування // *Наук. вісн. УкрДЛТУ.* – 2000. – Вип. 10.4. – С.125–134.
 13. Гнатів П. С. Особливості адаптації дерев у антропогенному довкіллі // *Наук. вісн. Ужгородського національного університету. Серія: Біологія.* – 2001. – Вип. 10. – С.100–102.
 14. Гнатів П. С. Екологічні проблеми інтродукції деревних рослин у техногенному середовищі Львова // *Екологічний збірник НТШ.* – Львів: Наукове товариство ім. Шевченка. – № VII. – 2001. – С.237–248. <http://geocities.com/ntshekouk>
 15. Гнатів П. С. Фізико-хімічні ознаки пристосування деревних рослин // *Наук. вісн. Національного аграрного університету.* – 2001. – Вип. 39. – С.180–187.
 16. Гнатів П. С., Артемовська Д. В. Морфологічна та геохімічна трансформація ґрунтів зеленої зони Львова // *Наук. вісн. УкрДЛТУ.* – 2002. – Вип. 12.4. – С.109–118. *(Здобувач є автором програми роботи і тексту праці та співвиконавцем польових досліджень).*
 17. Гнатів П. С. Метаболічні показники адаптації бука лісового в урботехногенному середовищі // *Вісник Львівського університету. Серія біол.* – Львів: ЛНУ, 2003. – Вип. 32. – С.92–99. <http://franko.lviv.ua/faculty/biolog/wis.htm>

18. Гнатів П. Порівняння показників метаболічної адаптації деревних рослин у Карпатах і на рівнинах Заходу України // Екологічний збірник НТШ. – Львів: В-во. Наукового товариства ім. Шевченка, 2003. – № XII. – С.93–100. <http://geocities.com/ntshekouk>
19. Гнатів П. С. Антропогенне зрушення азотного балансу і реакція деревних рослин // Промышленная ботаника. – Донецьк: Донецкий ботанический сад НАН Украины, 2003. – Вып. 3. – С.113–119.
20. Гнатів П. С. Пристосувальні реакції деревних рослин у трансформованому екологічному середовищі // Наук. зап. Держ. природозн. музею НАН України. – Львів, 2003. – Том 18. – С.175–184.
21. Гнатів П. С. Аналіз стану й антропогенної динаміки екологічного середовища // Наук. вісн. УкрДЛТУ. – 2003. – Вип. 13.5. – С.134–142.
22. Гнатів П. С. Екофізіологічний стан рідкісної форми бука лісового в урбогенному середовищі та мінливість її сибсового потомства // Вісник Львівського університету. Серія біол. – Львів: ЛНУ, 2004. – Вип. 35. – С.137–144. <http://franko.lviv.ua/faculty/biolog/wis.htm>
23. Гнатів П. С. Селекція рідкісних форм бука лісового за ознаками мінливості його півсибсового потомства // Наук. вісн. УкрДЛТУ. – 2004. – Вип. 14.6. – С.18–27.
24. Гнатів П. С. Дендрофізіологічна індикація урбоєкосистем // Тематичний збірник наукових праць “Проблеми урбоекології”. – К.: НМКВО, 1992. – С.39–45.
25. Гнатів П. С. Ендофоліаметаболічний метод діагностики дендрофлори // Український ліс. – 1994, № 1. – С. 35.
26. Hnativ 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. – P.105-106.
27. Гнатів П. С. Дендрофізіологічні проблеми інтродукції рослин в антропогенно трансформоване середовище // Наукові праці Лісівничої академії наук України. – Львів: Вид-во НУ “Львівська політехніка”, 2002. – Вип. 1. – С.99–103.
28. Гнатів П. С., Артемовська Д. В. Вуглеводи в листках як показник адаптації бука лісового в техногенному середовищі // Наукові основи збереження біотичної різноманітності. – Львів: Ліга-Прес, 2002. – Вип. 4. – С.195–201. *(Здобувач є автором програми роботи і тексту статті та співвиконавцем польових досліджень).*
29. Гнатів П. С. Адаптація деревних рослин в урбоєкосистемі міста Львова // Наукові праці Лісівничої академії наук України. – Львів: Вид-во НУ “Львівська політехніка”, 2004. – Вип. 2. – С.108–113.

30. Гнатів П. С. Антропогенна трансформація довкілля та особливості адаптації деревних // Матеріали Міжнар. конф. “Розточанський збір 2000. Книга перша”. – Яворів, 2000. – С.83–93.
31. Гнатів П. С. Урботехногенне середовище як новий інтегральний чинник модифікаційних пристосувань рослин // Матеріали міжнар. конф. “Зелені міські зони – від проблем до розв’язків.” – Львів: Друкарські куншти, 2005. – С.57–66.
32. Гнатів П. С. Деградація природних і створення штучних ґрунтів під міські зелені насадження // Матеріали наук.-практ. конф. “Урбанізація як фактор змін біогеоценотичного покриву.” – Львів: Акад. експрес, 1994. – С.25-26.
33. Hnativ P., Artemovs’ka D. Pollution of a city, physiological reaction of plants and phytoreclamation of the environment // NATO Advanced Research Workshop: Public Health Consequences of Environmental Pollution. – Lviv-Ukraine, 1997. – P.11. *(Здобувач є автором програми роботи і тексту статті та співвиконавцем польових досліджень)*.
34. Гнатів П. С., Артемовська Д. В., Мазепа М. Г. Еколого-економічні фактори фітомеліорації урбанізованого довкілля // Матеріали наук.-практ. конф. “Екологія і економіка.” – Львів: ЛКА, 1997. – С.32-33. *(Здобувач є автором тексту та співвиконавцем польових досліджень)*.
35. Hnativ P. S. Degradation of soils and ecophysiological reaction of plant Issues of sustainable development in the Carpathion region // Proceedings of international scientific-practical conference. – Vol. 1. – Rakhiv, Ukraine, 1998. – P.140-141.
36. Гнатів П. С. Геохімічна деградація та екологічні основи гармонізації властивостей паркових ґрунтів і потреб насаджень // Матеріали Першого міжнар. сем. “Проблеми ландшафтної архітектури, урбоекології та озеленення населених місць.” – Львів: УкрДЛТУ, 1997. – С.108-109.
37. Гнатів П. С., Артемовська Д. В., Мазепа М. Г. Прогнозування стійкості деревних рослин залежно від екологічного стану довкілля // Матеріали конф. “Значення та перспективи стаціонарних досліджень для збереження біорізноманітності”. – Львів, 1998. – С.43–45. *(Здобувач є автором тексту статті та співвиконавцем польових досліджень)*.
38. Ган Т. В., Гнатів П. С. Адаптація багрянника японського в умовах Львова // Матеріали 50-ої наук.-практ. конф. УкрДЛТУ “Проблеми та перспективи розвитку лісівничої освіти, науки та виробництва”. – Львів: УкрДЛТУ, 1999. – С.28-29. *(Здобувач є автором програми роботи і тексту статті та співвиконавцем польових досліджень)*.
39. Гнатів П. С. Техногенна трансформація ґрунтів міських насаджень // Матеріали Першої міжнар. наук. конф. “Відновлення порушених природних екосистем”. – Донецьк: Лебідь, 2002. – С.89–93.

40. Гнатів П. С. Трансформація природного середовища й адаптація рослин // Матеріали міжнар. наук. конф. “Промислова ботаніка: стан та перспективи розвитку”. – Донецьк: ТОВ “Лебідь”, 2003. – С.178–180.
41. Гнатів П. С., Коршиков І. І. Пропорційне співвідношення хімічних компонентів сухої маси листків деревних рослин як показник сприятливості умов місцезростання в урбанізованому середовищі // Матеріали Другої міжнар. конф. “Відновлення порушених природних екосистем”. – Донецьк: ТОВ “Лебідь”, 2005. – С.134–136. *(Здобувач є співавтором тексту статті та виконавцем досліджень).*
42. Гнатів П. С. Динаміка пристосувальних реакцій деревних рослин упродовж вегетаційного періоду в трансформованому середовищі // Тези II-ої міжнар. конф. “Онтогенез рослин у природному та трансформованому середовищі” – Львів: В-во “Сполом”, 2004. – С.141.

За темою дисертації опубліковано всього 80 наукових праць.

АНОТАЦІЇ

ГНАТІВ П. С. Функціональна адаптація деревних рослин до умов урбанізованого середовища на Заході України. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора біологічних наук за спеціальністю 03.00.16 – екологія. – Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, Чернівці, 2006.

Теоретично і практично обґрунтовані загальні показники функціональної адаптації аборигенних та інтродукованих деревних рослин в урбаністичній екосистемі великого міста Заходу України (на прикладі Львова). Їх можна отримувати, досліджуючи вміст і співвідношення основних мінеральних, білкових і вуглеводних компонентів у сухій речовині листків. Доведено, що основою пристосування деревних рослин на морфо-фізіологічному рівні, є сприятливий баланс елементів мінерального живлення в асиміляційному апараті та оптимальний діапазон кислотності й буферності внутрішньоклітинного середовища. Із застосуванням розроблених критеріїв функціональної адаптації зроблена комплексна оцінка акліматизації деревних інтродуцентів Ботанічного саду Національного лісотехнічного університету України (м. Львів) та дендрофізіологічна індикація забруднення азотистими викидами зеленої санітарно-захисної зони хімічного підприємства ВАТ “Рівнеазот”. Інтродуценти розділені на три групи: універсальні для озеленення, пластичні (придатні для захищених екоотопів) і вразливі, що потребують умов спеціального утримання й піклування. Запропоновані методика візуальної оцінки стану деревних рослин за ознаками їхнього мінерального живлення, техніка відбору листкової фітомаси, система аналітичних показників кількісно-якісного складу сухої речовини листків, алгоритм їх отримання і трактування, в тому числі й сучасними технічними засобами, які впроваджені в практичну роботу.

Ключові слова: урбанізація, трансформоване середовище, деревні рослини, мінеральне живлення, вуглеводи, вегетаційний період, функціональна адаптація, біоіндикація.

ГНАТИВ П. С. Функціональна адаптація деревесних рослин к умовам урбанізованої середовища на Заході України. – Рукопись.

Дисертація на соискание ученой степени доктора биологических наук по специальности 03.00.16 – экология. – Черновицкий национальный университет имени Юрия Федьковича, Черновцы, 2006.

Теоретически обоснованы и практически применены в изучении видов надежные универсальные критерии функциональной адаптации аборигенных и экзотических древесных растений в урбанистической экосистеме крупного города на Западе Украины (на примере Львова). Их можно определять, исследуя содержание и соотношения основных минеральных, белковых и углеводных компонентов сухого вещества листьев. Доказано, что основой приспособления древесных растений на морфо-физиологическом уровне, является благоприятный баланс в ассимиляционном аппарате основных элементов минерального питания, оптимальный диапазон кислотности и буферности внутриклеточной среды. Предложены методика визуальной оценки состояния древесных растений по признакам их минерального питания, техника отбора листовой фитомассы, система аналитических показателей химического состава сухого вещества листьев и алгоритм их определения и трактовки, в том числе современными техническими средствами, которые внедрены в практическую работу.

Изучена вегетационная динамика функциональных реакций ассимиляционного аппарата распространенных аборигенных древесных растений в условиях Львова, а детальная характеристика функциональной адаптации *Fagus sylvatica* L. в урбоэкосистеме предложена в качестве эталонной для сравнения и оценки приспособлений интродуцентов. На основании предложенных критериев – содержания и динамики сахаров, крахмала, клетчатки, соотношения суммы водорастворимых углеводов к сумме клетчатки и липидов, соотношения сахаров к золе, произведена комплексная оценка, включающая функциональную адаптацию и акклиматизацию древесных интродуцентов Ботанического сада Национального лесотехнического университета Украины (г. Львов). На основании этой оценки интродуценты разделены на три группы перспективности: устойчивые, пластичные, неустойчивые (уязвимые в новых условиях произрастания). Рекомендованы дифференцированные технологические приемы содействия адаптации древесных растений в урбанизированной среде, основанные на приоритетном создании экологически

адекватного мощного почвенного профиля под насаждениями и поддержании благоприятных условий их минерального питания.

Метаболические показатели химического состава сухого вещества листьев апробированы в качестве дендрофизиологических индикаторов техногенного загрязнения азотистыми выбросами окружающей среды в зеленой санитарно-защитной зоне химического комбината ОАО “Ривнеазот”.

Ключевые слова: урбанизация, трансформированная среда, древесные растения, минеральное питание, углеводы, вегетационный период, функциональная адаптация, биоиндикация.

HNATIV P. S. Functional adaptation of wood plants to urban environmental conditions in Western Ukraine. – Manuscript.

The dissertation for degree of the doctor of biological sciences in the speciality 03.00.16 – ecology. – Chernivtsi national university, Chernivtsi, 2006.

Theoretically and practically universal functional adaptation criteria of autochthonous and exotic wood plants in Western Ukraine urban ecosystem (for example in Lviv) are proved. They can be defined by investigating the contents and ratio of basic mineral elements, proteins and carbohydrates components in dry substance of wood plants leave's. It is lead up, that on a morpho-physiological level basic for adaptation is a favorable assimilation balance of mineral nutritious elements in leave's. At the same time optimum acid-base and buffering diapason in leave's intracellular environment is very important. With the help of offered functional adaptation criteria there was made a complex estimation of acclimatization wood exotic species at Ukrainian National University of Forestry and Wood Technology Botanical Garden (Lviv). Metabolic parameters of dry foliage substance chemical structure are checked up as physiological pollution indicators by nitric industrial emissions into green protective zone of chemical enterprise “Rivneazot”. A visual estimation method by mineral nutrition features of wood plants condition, a foliage selection technology, an analytical parameters system of leave's dry substance chemical structure and an algorithm of their definition and comments are offered. A modern equipment was also used in practical work.

Key words: urbanization, transformed environment, wood plants, mineral nutrition, carbohydrates, vegetation period, functional adaptation, biological indication.

Підписано до друку _____ р. Формат 60×84 1/16.

Умовн. друк. арк. 1,9. Наклад 100 прим. Зам. _____

Видруковано у Дослідно-видавничому центрі

Наукового товариства ім. Шевченка

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру
суб'єктів видавничої справи ДК № 884 від 04.04.2002 р.