

УДК 581.522.4

**МЕТАБОЛІЧНИЙ СКЛАД ЛИСТКІВ ДЕРЕВ ЗАЛЕЖНО
ВІД УМОВ РОСТУ**

О. В. СМАЛЬ, аспірантка *

Львівський національний аграрний університет

E-mail: smaloksana@meta.ua

***Анотація.** Досліджено метаболічний склад сухої маси листків дуба звичайного (*Quercus robur*) та багряника японського (*Cercidiphyllum japonicum Siebold*) різних функціональних насаджень зеленої зони міста Львова (вуличні, паркові та замиські). Встановлено, що умови середовища впливають на вуглеводневий метаболізм та «коректують» вміст основних структурних компонентів. Трансформоване середовище міста змушує рослинний організм накопичувати про запас резервні компоненти – крохмаль та ліпіди. Виявлена відмінність метаболізму аборигенного дуба від інтродукованого багряника, який активніше запасав резервні сполуки, особливо у забруднених вуличних умовах. Натомість дуб показав кращу адаптованість до міських умов. Цим підтверджено, що показники вмісту цукрів і крохмалю у сухій масі листків залежать як від умов росту, так і видових особливостей досліджуваних дерев, які впливають на ступінь змін та пошкоджень на макрометаболічному рівні у рослини. «Макрометаболічна картина» асиміляційних органів добре показує, що зміни рослинного організму на фізіолого-біохімічному рівні, викликані трансформацією біотопу та потраплянням полутантів у довкілля, служать індикаторами функціонального стану рослин. Листки можна вважати первинною основою морфо-фізіологічної адаптації рослин.*

***Ключові слова:** макрометаболічний склад, моносахариди, крохмаль, БЕР, *Quercus robur*, *Cercidiphyllum japonicum Siebold*, екотоп, адаптація*

Актуальність. Природне середовище великих урбоекосистем сьогодні є дуже зміненим і частіше за все ці зміни носять негативний характер з незворотними трансформаціями як самого середовища, так і ключових його елементів. До останніх належать зелені насадження, які у різних їх формах (лінійні насадження вулиць, міські парки, сквери, ботанічні сади, насадження санітарно-захисних зон та прибережно-захисних смуг і ін.) служать важливим чинником стабілізації середовища. Зелена зона, як природний «каркас»,

*Науковий керівник – доктор біологічних наук, професор В. В. Снітинський

наближує міське середовище до такого, яке б могло максимально забезпечити сприятливі умови життєдіяльності міським та створити естетичну привабливість міста.

Трансформація міського середовища в результаті запиленості і забруднення повітря, зміни температурного та світлого режиму, потрапляння поллютантів у ґрунти, випадання кислотних дощів, забудови інженерними комунікаціями та будівельними спорудами призвела до змін у життєдіяльності деревної флори. Ці зміни не завжди помітні візуально, але часто призводять до незворотних фізіологічних (біохімічних) змін організму. Утворення важливих для рослинного організму речовин залежить від таких функціональних процесів як синтез білка, вуглеводів азотистих сполук. Найлегше структурно-функціональні зміни можна прослідкувати в асиміляційних органах (листках). З'ясувавши особливості адаптаційних процесів на рівні метаболізму дерев, які ростуть у трансформованому міському середовищі, можна зрозуміти їхні морфологічні зміни і підібрати оптимальні заходи для покращення стану зелених насаджень та підтримання їх життєдіяльності в урбанізованому середовищі [7]. Ці завдання на сьогодні є вельми актуальним для міського зеленого господарства.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Дослідження багатьох науковців свідчать, що листки – функціонально найуразливіша структурна частина рослин, у яких найшвидше у порівнянні з іншими морфологічними органами відбуваються зміни, спричинені трансформацією екотопу та потраплянням поллютантів у довкілля [1, 3, 9, 10]. Внаслідок формування «нового» середовища [4] з одного боку та дією факторів забруднення з іншого, змінюється метаболізм рослин, що найбільш помітно під час дослідження активного листового апарату рослин. У праці П. С. Гнатіва [6] досліджено, що показники хімічного складу сухої речовини виступають індикаторами екофізіологічного стану рослин, який змінюється залежно від умов середовища. На ступінь змін і пошкоджень у листках також впливає видова специфічність рослин.

Мета дослідження:

1. вивчення значень основних біохімічних речовин у сухій масі листків досліджуваних видів дерев;
2. встановлення можливої залежності кількісних значень обраних показників залежно від умов росту;
3. виявлення особливостей життєдіяльності аборигенних та інтродукованих деревних порід на прикладі дуба звичайного та багряника японського в трансформованих умовах міського середовища та їхніх адаптивних реакції на фактори довкілля.

Матеріали і методи дослідження. Дослідження проводилися на експериментальних ділянках зеленої зони міста Львова: 1) типові «вуличні» насадження дуба по вул. Глибокій, лінійне насадження багряника по вул. Угорській. Для них характерна висока щільність населення та насиченість транспортними потоками; 2) «паркові» (Ботанічний сад Національного лісотехнічного університету України (НЛТУУ); 3) «заміські» – парк Львівського національного аграрного університету (ЛНАУ, м. Дубляни), який за природно-екологічними умовами зеленої зони Львова є найбільш сприятливим для нормального функціонування деревних насаджень. Такий підбір дослідних ділянок використано для оцінки основних біохімічних (функціональних) показників деревних рослин у градієнті урбонавантаження – несприятливого → умовно сприятливого → сприятливого.

Для дослідження біохімічних показників виділено по 3 групи деревних порід дуба звичайного (*Quercus robur* L.) і багряника японського (*Cercidiphyllum japonicum* Siebold et Zucc.). Дуб, як типовий представник насаджень зеленої зони м. Львова, відноситься до аборигенної флори. Культивуація багряника в наших теренах розпочалася на початку минулого століття, тому у нашій природно-кліматичній зоні він відноситься до інтродукованих видів.

У кожній з обраних ділянок підібрані модельні групи дерев (10-12 особин зрілого віку), які характеризуються максимально близькими морфолого-

таксаційними ознаками. Зразки відбирали впродовж 15-17 липня за прийнятою схемою з дотриманням єдиної методики й техніки лабораторного аналізу матеріалу [7]. Статистичне опрацювання отриманих даних виконане з використанням Microsoft Excel.

Для оцінювання фізіологічної реакції представників аборигенної та інтродукованої флори на умови росту досліджено макрометаболічну структуру листка за основними показниками: водорозчинні вуглеводи, клітковина, ліпіди.

Дослідження проводилося на основі вивчення окремих компонентів з наступним кількісно-якісним порівнянням. Безазотисті екстрактивні речовини (БЕР) – традиційна назва усіх водорозчинних вуглеводів (сахариди, крохмаль, декстрини, геміцелюлоза, деякі органічні кислоти), розраховували як різницю між сухою речовиною та сумою органічних і мінеральних компонентів [7]. Для кращої репрезентативності до уваги брали як окремо показник БЕР, так і вуглеводи та крохмаль, які й самостійно використовуються для індикації [6]. Інші показники розглядали окремо.

Результати дослідження та їх обговорення. В ході дослідження встановлено, що вміст протеїну, клітковини, ліпідів БЕР коливається і залежить як від умов росту, так і видової специфіки дерев (рис. 1, 2). Утворення вуглеводневих сполук, зокрема цукрів які є основним енергетично-структурним та живильним матеріалом для живих структур, у обох порід було різним. У багрянника найбільший вміст цукрів, виявлено у вуличних умовах, найменші у парку. У дуба найменше цукрів виявлено у вуличних умовах та приблизно однакові значення у замських умовах та парку. Низькі значення цукрів свідчать про низьку активність синтезу вуглеводів та дегресію фотосинтезу. Припустити високий вміст цукрів у лисках вуличного багрянника можна хіба що за рахунок високого вмісту вуглекислого газу, який власне і забезпечує ефективний перебіг процесу фотосинтезу та синтезу вуглеводів.

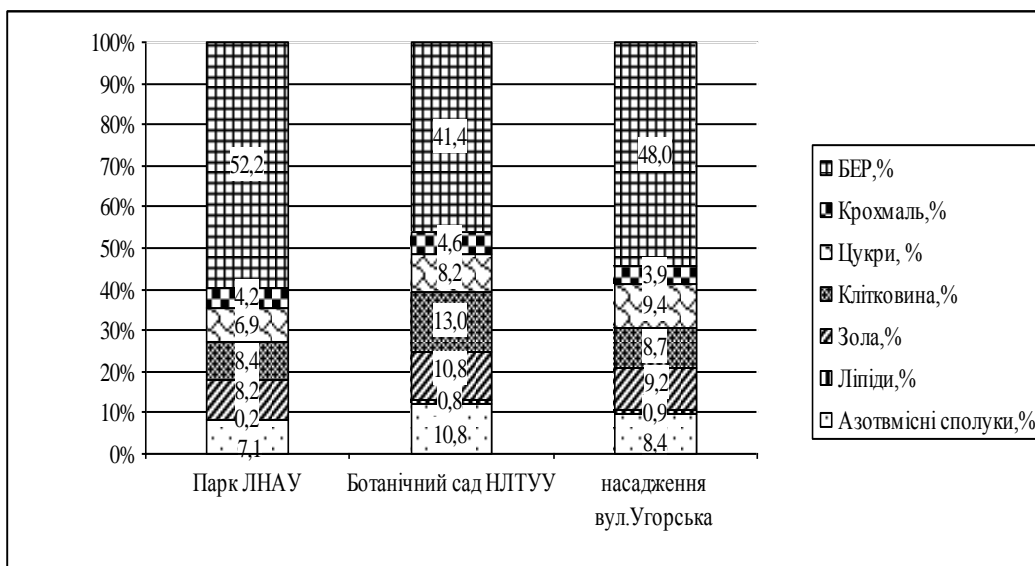


Рис. 1. Макрометаболическая структура листа багрянника японського

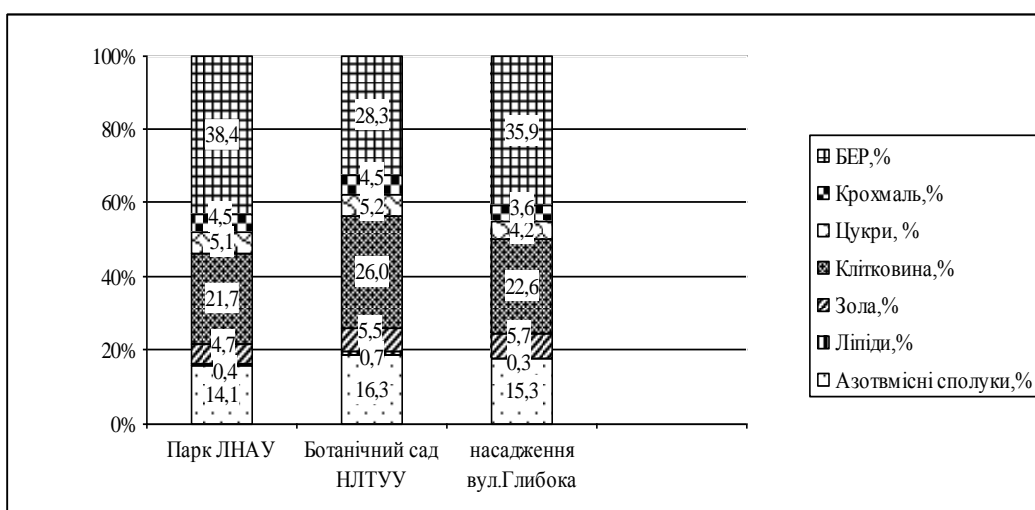


Рис. 2. Макрометаболическая структура листа дуба звичайного

Про акумульованість (здатність бути резервом у формі запасних полімерів) та рухливість вуглеводів [2, 8] свідчить вміст водорозчинних вуглеводів (БЕР). У замських умовах листки дерев мають найбільший вміст безазотистих водорозчинних вуглеводів, у вуличних насадженнях – середні значення, найменше їх у парку (див. рис.). Відкладання про запас крохмалю у листках багрянника відрізняється у порівнянні з аборигенним дубом. Найбільше крохмалю в інтродуцента виявлено у замських насадженнях і ботанічного саду, а найменше – у вуличних насадженнях. Для дуба вміст крохмалю характеризується наступним чином: найнижчі значення на вулиці (3,6 %) та

однакові (4,5%) у паркових та заміських умовах (див. рис.). Значна кількість крохмалю у листках свідчить про те, що рослина перебуває у сприятливих умовах і вона може відкласти про запас речовину, яку можна буде використати у несприятливих (стресових) умовах [7]. В свою чергу низький вміст крохмалю свідчить про те, що рослина використовує усі можливі ресурси для забезпечення нормально перебігу метаболічного процесу, що ми спостерігаємо у вуличних насадженнях.

Ліпо-протеїнове співвідношення в обох представників деревних рослин також відрізняється. Вміст нагромадженого крохмалю у листках багряника вказує на те, найбільше значення ліпідів спостерігається у вуличних насадженнях та в умовах ботанічного саду (відповідно 0,9% та 0,8%), найменше у заміських умовах (0,2 %). У дуба вміст ліпідів був практично однаковий на ділянці заміських та міських насаджень (відповідно 0,4 % та 0,3 %), а в паркових умовах його вдвічі більше (0,7 %) порівняно з іншими насадженнями. Вміст азотовмісних сполук однаковий в обох представників: найбільші значення в ботанічному саду, найменші – у заміському парку та середні – у листках вуличних насаджень.

Порівняння досліджуваних показників показали, що в міському середовищі перебіг біохімічних процесів змінений у порівнянні з заміським середовищем, яке наближене до природних умов. Дегресивне урбогенне середовище викривлює хід вуглеводного, ліпідного та інших обмінів. Значний перепад показників мікроклімату в місті, забруднення ґрунтів та повітря змінює чутливість рослин до умов навколишнього середовища.

Висновки. Дослідження макрометаболічного складу багряника японського та дуба звичайного у зеленій зоні м. Львова дозволяє з'ясувати, що зміни функціональних структур листка відображаються у складі органічно-мінеральних компонентів його сухої маси. Умови міського середовища впливають на вуглеводневий метаболізм та «корегують» вміст основних структурних компонентів. Трансформоване середовища міста змушує рослинний організм накопичувати в запас резервні речовини – крохмаль та

ліпиди. Виявлено, що показники вмісту цукрів і крохмалю в листках дуба і багрянника змінюються залежно від умов росту та видових особливостей. Виявлена відмінність метаболізму аборигенного дуба від інтродукованого багрянника. Останній більш активно запасає резервні сполуки, особливо у забруднених вуличних умовах. Натомість дуб показав кращу адаптованість до міських умов. Дослідженнями підтверджено, що реакція асиміляційних органів може відображати основні зміни рослинного організму на фізіолого-біохімічному рівні, які викликані трансформацією біотопу та потраплянням поллютантів у довкілля. Підтверджено, що листки можна вважати первинною основою морфо-фізіологічної адаптації рослин.

Список літератури

1. Александров В. Т. Анатомия растений / В. Т. Александров. – М.: Высшая школа, 1966 – 429 с.
2. Безсонова В. П. Накопичення запасних речовин у насінні *Acer platanoides* L. та *A. negundo* L. під впливом промислових викидів / В. П. Безсонова, З. В. Грицай // Укр. ботан. журн.– 1998. – 55. – № 3. – С.289.
3. Ботаника. Анатомия и морфология растений / [В. Н. Васильев, Н. С. Воронини, А. Г. Еленовский, Т. И. Серебряков]. – М.: Просвещение, 1978. – 478 с.
4. Васильев В. Н. Строение листа древесных растений различных климатических зон / В. Н. Васильев. – Л.: Изд-во Ленинград. ун-та, 1988. – 208 с.
5. Гетко Н. В. Растения в техногенной среде: структура и функции ассимиляционного аппарата / Н. В. Гетко. – М.: Наука и техника, 1989. – 208 с.
6. Гнатів П. С. Функціональна діагностика в дендроекології: Наукова монографія. / П. С. Гнатів. – Львів: В-во Камула, 2014. – С. 53-65.
7. Гнатів П. С. Вуглеводи в листках як показник адаптації бука лісового в техногенному середовищі / П. С. Гнатів, Д. В. Артемовська // Наукові основи збереження біотичної різноманітності. – Львів: Ліга-Прес, 2002. – Вип. 4. – С. 195-201.
8. Гродзинский Д. М. Надёжность растительных систем / Д. М. Гродзинский. – К.: Наук. думка, 1983. – 368 с.
9. Ситникова А. С. Анатомио-морфологическое строение листьев растений в связи с газоустойчивостью / А. С. Ситникова // Тез. Всесоюзн. конф. «Биологические закономерности изменчивости и физиология приспособления интродуцированных растений». – Черновцы: ЧГУ, 1977. – С. 129.
10. Ситник К. М. Ботаніка. Порядок денний на ХХІ століття. Екологія рослин/ К. М. Ситник // Укр. ботан. журн. – 2000. – № 1. – Том 57. – С. 5-10.

References

1. Aleksandrov, V. T. (1966). *Anatomyyya rostenyy* [Anatomy plants]. Moskov, Russia: The Teaching vischy mortgage, 429 .
2. Bezsonova, V. P., Hrytsay, Z.V. (1998). *Nakopychennya zapasnykh rehovyn u nasinni Acer platanoides L. ta A. negundo L. pid vplyvom promyslovykh vykydiv* [The accumulation of reserve substances in seeds Acer platanoides L. and A. negundo L. under the influence of industrial emissions]. *Ukr. botan. Zhurn*, 55, 3, 289.
3. Vasyl'ev, V. N, Voronyny, N. S., Elenovskyy, A. H., Serebryakov, T. Y. (1978). *Botanyka. Anatomyyya y morfolohyya rostenyy* [Botany. Anatomy and morfolohyya plants]. Moskov, Russia: Prosveshchenye, 478 .
4. Vasyl'ev, V. N. (1988). *Stroenye lysta drevesnykh rastenyy razlychnykh klymatycheskykh zon* [The structure of the sheet of woody plants of different climatic zones]. Leningrad, Russia: Lenynhrad, 208.
5. Hetko, N. V. (1989). *Rastenyya v tekhnohennoy srede: struktura y funktsyy assymylyatsyonnoho aparata* [Plants in the man-made environment: structure and function of the assimilation apparatus]. Moskow, Russia: Science and Technology, 208.
6. Hnativ, P. S. (2014). *Funktsional'na diahnostryka v dendroekolohiyi: Naukova monohrafiya* [Functional diagnosis in dendro Environment]. Lviv, Ukraine: Kamula, 53-65.
7. Hnativ, P. S. (2002). *Vuhlevody v lystkakh yak pokaznyk adaptatsiyi buka lisovoho v tekhnohennomu seredovyschi* [The carbohydrates in the leaves as a measure of adaptation beech in technological environments]. Lviv, Ukraine: Liha-Pres, 4, 195-201.
8. Hrodzynskyy, D.M. (1983). *Nadēzhnost' rastytel'nykh system* [Reliability of Plant Systems]. Kyiv, Ukraine: Scientific thought, 368.
9. Sytnykova, A. S. (1977). *Anatomo-morfolohycheskoe stroenye lyst'ev rastenyy v svyaty s hazoustoychyvost'yu* [Anatomical and morphological structure of plant leaves in the saints with gas resistance]. *Proc. inter. conf. "Biological variability patterns of physiology and adaptation of introduced plants" - Chernivtsi*». Chernovtsy, Ukraine, 129.
10. Sytnyk, K. M. (2000). *Botanika. Poryadok dennyy na XXI stolittya. Ekolohiya roslyn* [Botany. Agenda for the XXI century. plant ecology] *Ukr. botan. gourn*, 1, 57, 5-10.

МЕТАБОЛИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЛИСТЫЕВ ДЕРЕВЬЕВ В ЗАВИСМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ РОСТА

О. В. Смаль

Аннотация. Исследован метаболический состав сухой массы листьев дуба обыкновенного (*Quercus robur*) и багряника японского (*Cercidiphyllum japonicum Siebold*) разных функциональных насаждений зеленой зоны города Львова (уличные, парковые и загородные). Установлено, что условия среды влияют на углеводородный метаболизм и «корректируют» содержимое

основных структурных компонентов. Изменение среды города вынуждает растительный организм накапливать в запас резервные компоненты – крахмал и липиды. Обнаружено отличие метаболизма аборигенного дуба от интродуцированного багряника, который активнее запасает резервные соединения, особенно в загрязненных уличных условиях. В свою очередь дуб показал лучшую адаптацию к городским условиям. Подтверждено, что показатели содержимого сахаров и крахмала в сухой массе листьев зависит как от условий роста, так и видовых особенностей исследованных деревьев, которые влияют на степень изменений и повреждений на макрометаболическом уровне в растении. «Макробетаболическая картина» ассимиляционных органов показывает, что изменения растительного организма на физиолого-биохимическом уровне, вызванные трансформацией биотопа и попаданием поллютантов в окружающую среду, служат индикаторами функционального состояния. Листья можно считать первичной основой морфо-физиологической адаптации растений.

Ключевые слова: макрометаболический состав, моносахариды, крахмал, БЭР, *Quercus robur*, *Cercidiphyllum japonicum* Siebold et Zucc., экотоп, адаптация

METABOLIC OF LEAF TREE DEPENDING ON THE GROWTH CONDITIONS

O. V. Smal

Abstract. Investigated the metabolic composition of the dry weight of leaves common oak (*Quercus robur*) and Cercis Japanese (*Cercidiphyllum japonicum* Siebold) different functional spaces green zone of the city (streets, parks and out of city). Established that environmental conditions affect carbohydrate metabolism and "adjusting" the contents of the main structural components. Transformed environment of the city makes the plant organism to accumulate a reserve stock of components - starch and lipids. The observed difference between the metabolism of native oak Cercis Japanese introduced, which stores active backup compounds, especially in polluted outdoor conditions. In turn, oak shows better adaptability to local conditions. This confirmed that the figures in sugar and starch in the dry mass of leaves depends on the growth conditions and specific features that affect the extent of the changes and damage to makrometabol levels in plants. "Picture of macrometabolic" of assimilation clearly shows that changes in the plant organism physiological and biochemical level, caused by habitat transformation and hit pollutants into the environment, are indicators of a functional state. Leaves can be considered as the primary basis of morphological adaptation of plants.

Key words: macrometabolic warehouse, monosaccharides, starch, NFE, *Quercus robur* L., *Cercidiphyllum japonicum* Siebold et Zucc., growth conditions