

П.С. ГНАТІВ¹, Д.В. АРТЕМОВСЬКА²

¹Інститут екології Карпат НАН України,
вул. Козельницька, 4, 79026, м. Львів

²Український державний лісотехнічний університет,
вул. Ген. Чупринки, 105а, 79057, м. Львів

**ВУГЛЕВОДИ В ЛИСТКАХ ЯК ПОКАЗНИК АДАПТАЦІЇ БУКА
ЛІСОВОГО В ТЕХНОГЕННОМУ СЕРЕДОВИЩІ**

ключові слова: адаптація, цукри, крохмаль, трансформоване середовище
key words: adaptation, sugars, starch, transformation of environment

P.S. HNATIV¹, D.V. ARTEMOVS'KA²

**CARBOHYDRATES IN LEAVES AS A PARAMETER OF ADAPTATION
BEECH IN TECHNICALLY TRANSFORMED ENVIRONMENT**

¹Institute of Ecology of the Carpathians

4 Kozelnytska str., Lviv, 79026, Ukraine

²Ukrainian State University of Wood Technology

105a Gen. Tchuprynka str., Lviv, 79057, Ukraine

The authentic dependence of the contents of sugars and starch from conditions of environment in beech life and during a day time course of an exchange of substances and ecological factors is investigated. The importance and suitability of the contents of the investigated carbohydrates as parameters of a level shows the adaptation of the species in urban conditions. The ratio of sugars and starch in leaves are the subject of influence of transformed environment upon the beech life and it essentially differs from natural conditions.

Антропогенна трансформація навколишнього середовища у великому місті характеризується такими чинниками, як підвищена загазованість та заповненість повітря, ширша амплітуда температурного та водного режимів атмосферного повітря й ґрунту, несприятливі хімічні та фізико-механічні властивості, забрудненість ґрунту, наявність інженерних поверхонь, підземних комунікацій та споруд у зоні кореневої системи, додаткове освітлення рослин у нічний час, інтенсивне рекреаційне використання міських насаджень населенням, інколи обрізування крон [1, 4, 5, 11]. Ці фактори в середовищі міста діють комплексно, підсилюючи негативну дію один одного й, здебільшого, відсутні у природному середовищі, в якому еволюційно формувалися фізіолого-біохімічні механізми адаптації рослин [5, 6, 11].

Збереження, урізноманітнення й підвищення стійкості зелених насаджень є найактуальнішими шляхами покращення навколишнього середовища великих міст, рекультивациі ґрунтів і ренатуралізації поруше-

них промислових території. Однак розробка та впровадження ефективної системи догляду за насадженнями міст і промислових зон ускладнена через відсутність даних щодо особливостей життєдіяльності деревних рослин у перетвореному довкіллі та конкретних даних про напрямки й характер змін основних фізіологічних і біохімічних процесів під дією умов техногенного середовища. Залишаються недостатньо з'ясованими механізми адаптації дерев у ньому. Сучасна література частіше описує морфологічні адаптивні зміни рослин. Але, на жаль, зовнішні ознаки ослаблення з великим запізненням свідчать про глибокі внутрішні метаболічні зміни, які, здебільшого, пов'язані з незворотністю патогенних процесів життєдіяльності й які вже неможливо виправити агротехнічними заходами [5, 11].

Метою нашої роботи було дослідження денної динаміки кількісно-якісного вмісту вуглеводів у сухій масі листків на прикладі бука лісового, які, виконуючи роль активних життєвих органів, у ході метаболічних процесів у рослинах безпосередньо контактують з природним і трансформованим середовищем міста.

Об'єкти та методи досліджень. Для дослідження фізіолого-біохімічних ознак життєдіяльності рослин у зеленій зоні міста Львова виділено групи дерев *Fagus sylvatica* L. (10-12 особин) 20-річного віку з максимально близькими морфолого-таксаційними характеристиками. Тест-об'єкти розташовані в приміському лісовому масиві (с.Зубра), який вважається найнаближенішим до природних екологічних умов районом зеленої зони Львова, та вздовж вулиці Смаль-Стоцького, що розташована в густонаселеному промислово-транспортному районі міста. Предмет дослідження — вуглеводний склад листків та його динаміка впродовж дня в літній пік активності асиміляційно-дисиміляційних процесів за такими показниками, як загальний вміст водорозчинних цукрів (за Бертраном) і крохмалю (біхроматометричним методом) [9, 10]. Для аналізу використали інфрачервоний аналізатор “Інфрапід-61” та еталонні зразки рослинної маси, що попередньо були проаналізовані “мокрим” хімічним методом [8].

На стаціонарних тест-об'єктах відбір проб для біохімічного аналізу виконано за загальноприйнятими методиками. Пагони поточного року зрізали на висоті 5-6 м по 4-5 з кожного модельного дерева. Відповідно до схеми досліду формували середні проби з кожного варіанту. У момент відбору рослинних зразків були зафіксовані температура повітря (рис. 1) і температура поверхні ґрунту на кожному з тест-об'єктів.

Статистичне опрацювання дослідних даних виконано методом дисперсійного аналізу з використанням Microsoft Excel. За отримання розрахункового критерію Фішера більшого за критичний ($F_{ф.} > F_{кр.}$),

обчислювали найменшу істотну різницю між варіантами досліду з п'ятивідсотковим рівнем значущості ($HP_{0.05}$) у фактичних одиницях; якщо $F_{ф.} < F_{кр.}$ — різницю між варіантами вважали неістотною.

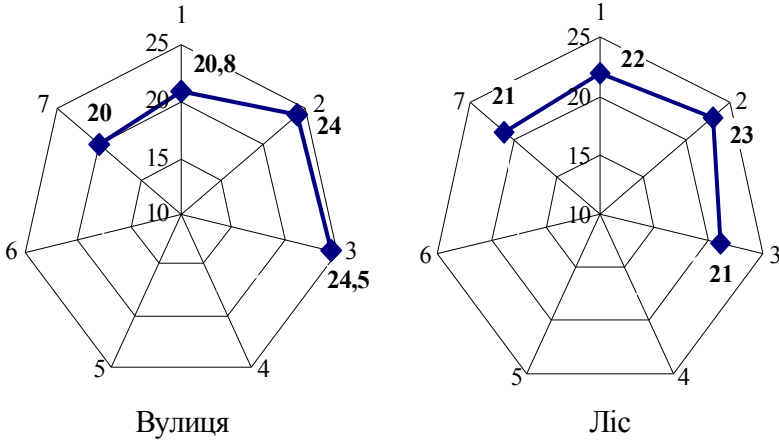


Рис. 1. Хід температури повітря (°C) на тест-об'єктах впродовж дня спостережень (7 — 10 год., 1 — 12 год., 2 — 14 год., 3 — 16 год.)

Результати досліджень та обговорення. Головним результатом фотосинтезу в листках за нормальних умов функціонування рослин переважно є утворення вуглеводів, які служать основним живильним, енергетичним і структурним матеріалом для росту й розвитку клітин і тканин. За нашими спостереженнями, листки бука лісового о 10 годині дня містили найбільше цукрів, особливо в лісі (рис. 2). Упродовж чотирьох годин спостерігалось зменшення їх вмісту. Однак до 16 години його рівень у природних умовах відновився, а в міських ще залишався нижче середнього за період спостережень. Про депресію фотосинтезу о 14 годині дня свідчить мінімальний за час спостережень вміст цукрів у листках, особливо в деревах насаджень вулиці. У цей момент в лісі зафіксовано найвищу температуру повітря, в умовах вулиці вона продовжувала наростати до 16 години.

Важливими також є рухливість і здатність вуглеводів бути акумульованим резервом у формі запасних полімерів [2, 6]. Якщо в лісі рослини мають вищий рівень вмісту водорозчинних цукрів, то в міському середовищі — їх менше, й вуглеводи в більшій кількості відкладаються в запас у листках у вигляді крохмалю (рис. 3). При цьому рівень його вмісту впродовж дня тут істотно не змінюється.

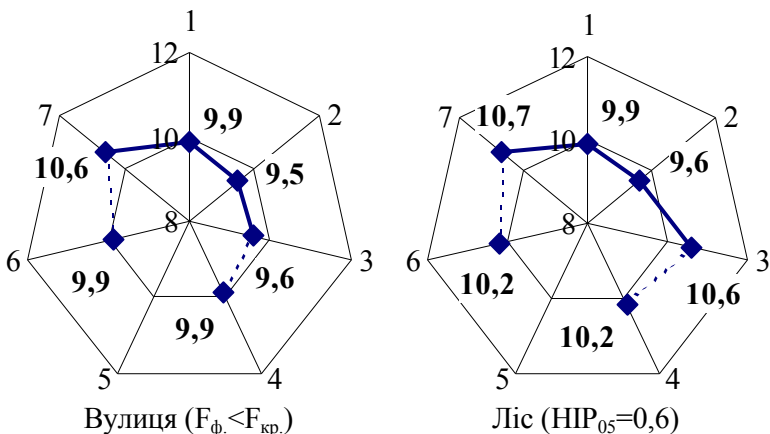


Рис. 2. Зміна вмісту цукрів у листках бука лісового, % від сухої маси (7 — 10 год., 1 — 12 год., 2 — 14 год., 3 — 16 год., 4-6 — середнє за час спостережень)

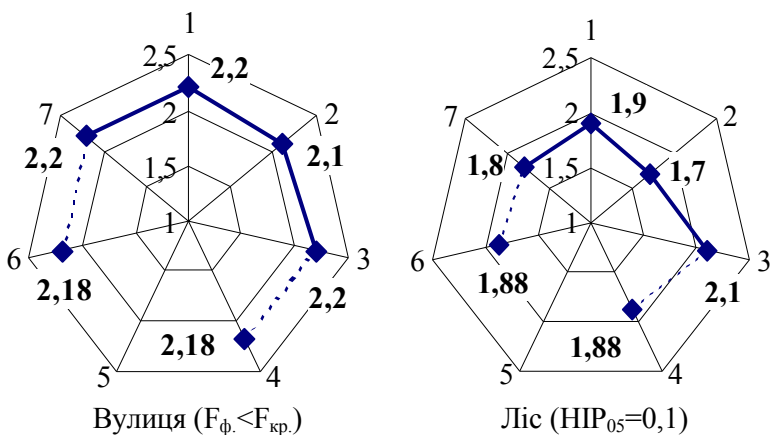


Рис. 3. Зміна вмісту крохмалю в листках бука лісового, % від сухої маси (7 — 10 год., 1 — 12 год., 2 — 14 год., 3 — 16 год., 4-6 — середнє впродовж спостережень)

Усі водорозчинні вуглеводи є взаємоперетворюваними, тому вміст тих, чи інших груп у більшій, чи меншій кількості спричинений як внутрішньометаболічними причинами, так і зовнішніми факторами довкілля [2, 4, 3, 5]. За нашими дослідженнями середня за спостереження сума цукрів і крохмалю в сухій масі листка не залежить від

розташування тест-об'єкта, але динаміка балансу цих форм вуглеводів різна, залежно від умов росту бука лісового (рис. 4).

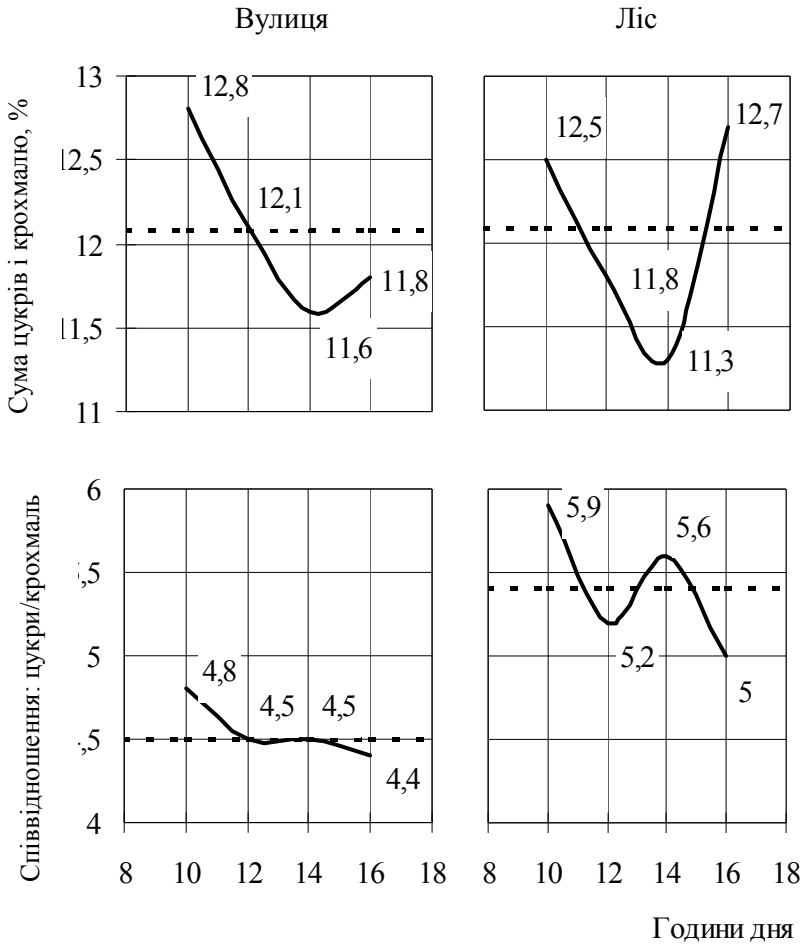


Рис. 4. Показники метаболізму вуглеводів у листках бука лісового залежно від місцезростання дерев (----- середнє впродовж спостережень)

Як у лісі, так і в насадженнях вулиці спостерігаємо виражену депресію синтезу вуглеводів о 14 годині дня, коли рослини переживають критичну точку метаболізму. Однак у природних умовах відбувається стрімке відновлення їх вмісту, у техногенних — повільне й зі значним запізненням. Слід згадати, що в умовах міста температура

грунту продовжує наростати в другій половині дня з певним запізненням відносно температури повітря [4].

Ксерофітизація, урбогенне навантаження середовища життя дерев помітно змінюють хід вуглеводного обміну в листках. Гідроліз полісахаридів призводить до збільшення в тканинах мобільних вуглеводів, моноцукрів, дисахаридів, первинний синтез і відтік яких в корені сповільнений. Спостерігається зменшення продуктивності фотосинтезу. У той же час, інколи в листках істотно зростає вміст безазотистих метаболітів [3, 5, 6]. У непристосованих рослинах нагромадження сахарози та інших цукрів провокує інтенсивне дихання. Утворення підвищених запасів крохмалю в клітинах свідчить про певні резерви метаболічного пристосування [2, 6, 7] або про проблеми з відтоком вуглеводів в інші органи [5].

Спостереження показали, що в міському середовищі на одну умовну одиницю відкладеного в запас крохмалю припадає в середньому лише 4,5 умовних одиниці водорозчинних цукрів, у лісі — значно більше (рис. 4). Це підтверджує активніший хід фотосинтезу й, очевидно, швидший перерозподіл його продуктів в інші органи рослин, а не акумуляцію в листках у вигляді крохмалю. Зростання рівня співвідношення цукрів і крохмалю о 14 годині в лісі, ймовірно, свідчить про переважання гідролітичних реакцій у вуглеводному обміні як неспецифічну адаптивну реакцію бука лісового на критичні умови середини дня в природних умовах. У техногенно трансформованому середовищі така позитивна реакція пригнічена.

Усе це пояснюється тим, що для міського середовища росту рослин характерні значний перепад показників мікроклімату, змінені ґрунтові умови та посилене аеротехногенне забруднення, а також чутливістю бука до зміни умов середовища під впливом техногенних факторів.

Отже, виділені із загальної суми водорозчинних вуглеводів цукри й крохмаль, як окремі показники, становлять особливу індикаційну цінність, оскільки, є дуже динамічними та екзодетермінованими ознаками метаболізму листків. У зв'язку з цим їх вміст можна розглядати, як кількісні показники активності й спрямованості вуглеводного обміну. Бук лісовий за рівнем і денною динамікою вмісту водорозчинних цукрів і крохмалю є вельми чутливим. У природному середовищі він адаптується швидше, але також виявляє стійкість у техногенних умовах росту, де істотно трансформовані кліматом аеротоп та едафотоп.

Висновки й пропозиції. Дослідження динаміки вуглеводного метаболізму бука лісового в зеленій зоні Львова сприяло виявленню достовірної залежності показників вмісту цукрів і крохмалю в сухій масі листків, як від місцезростання дерев, так і від часу відбору рослинних зразків упродовж літнього дня.

Умови трансформованого середовища вулиці міста істотно змінюють хід метаболізму цукрів і крохмалю в листках, порівняно з лісовими, але загальна кількість цих вуглеводів залишається стабільною.

Сума цукрів і крохмалю та індекс їх співвідношення в сухій масі листка дають достовірну інформацію про адаптованість метаболічної системи бука лісового в умовах комплексного впливу техногенно трансформованих кліматопу, аеротопу та едафотопу міста Львова.

ЛІТЕРАТУРА

1. **Антропогенні зміни** біогеоценотичного покриву в Карпатському регіоні / За ред. Голубця М. А. – К.: Наук. думка, 1994. – 168 с.
2. **Безсонова В. П., Грицай З.В.** Накопичення запасних речовин у насінні *Acer platanoides* L. та *A. negundo* L. під впливом промислових викидів // Укр. ботан. журн. – 1998. – 55. – № 3. – С.289.
3. **Гнатів П.С., Артемовська Д.В.** Вуглеводний метаболізм листків у зв'язку з мінеральним живленням дерев у деградованому довкіллі // Науковий вісник. Вип. 10.3. – Львів: УкрДЛТУ, 2000. – С.192-200.
4. **Гнатів П.С.** Екологічні проблеми інтродукції деревних рослин у техногенному середовищі Львова // Екологічний збірник: Екологічні проблеми природокористування та біорозмаїття Львівщини. – Львів: Вид-во Наукового товариства ім. Шевченка. – Т. VII. – 2001. – С. 236-248.
5. **Горьшина Т.К.** Фотосинтетический аппарат растений и условия среды. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1989. – 204 с.
6. **Гродзинский Д.М.** Надёжность растительных систем. – К.: Наук. думка, 1983. – 368 с.
7. **Кищенко И.Т., Шуляковская Т.А.** Динамика углеводов у представителей рода *Pincea* (*Pinaceae*) в условиях интродукции // Бот. журн. – 1997. – 82. – № 6. – С. 103-108.
8. **Методические** указания по работе на инфракрасном анализаторе «Инфрапид-61». – М.: ЦИНАУ, 1986. – 32 с.
9. **Починок Х. М.** Методы биохимического анализа растений. – К.: Наук. думка, 1976. – С. 5-77.
10. **Разумов В. А.** Справочник лаборанта-химика по анализу кормов. – М.: Рос-сельхозиздат, 1986. – С. 94-244.
11. **Шихова Н. С.** Биогеохимическая оценка состояния городской среды // Экология. – 1997. – № 2 – С. 146-149.