

УДК 581.2 + 581.522.4

Т. І. Юсипіва, О. І. Борисова, В. В. Дротік

Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара

ВПЛИВ ТЕХНОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА СПІВВІДНОШЕННЯ РОЗЧИННИХ ЦУКРІВ У ЛИСТКАХ ПРЕДСТАВНИКІВ РОДУ *ACER*

Вивчено вплив антропогенного забруднення середовища на динаміку співвідношення різних форм розчинних цукрів у листках *Acer saccharinum* L. та *A. platanoides* L. в умовах степового Придніпров'я. За дії техногенезу в асиміляційних органах обох видів кленів на стадії прихованого росту пагонів виявлено підвищення частки сахарози від загального вмісту розчинних цукрів, яке супроводжувалося зменшенням часток глюкози та фруктози.

Ключові слова: глюкоза, фруктоза, сахароза, антропогенне навантаження, клени.

Т. И. Юсипива, О. И. Борисова, В. В. Дротик

Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА СООТНОШЕНИЕ РАСТВОРИМЫХ САХАРОВ В ЛИСТЯХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА *ACER*

Изучено влияние антропогенного загрязнения среды на динамику соотношения разных форм растворимых сахаров в листьях *Acer saccharinum* L. и *A. platanoides* L. в условиях степного Приднепровья. Под влиянием техногенеза в ассимиляционных органах обоих видов кленов на стадии скрытого роста побегов обнаружено повышение доли сахарозы от общего содержания растворимых сахаров, которое сопровождается уменьшением доли глюкозы и фруктозы.

Ключевые слова: глюкоза, фруктоза, сахароза, антропогенное загрязнение, клены.

T. Iusypiva, O. Borisova, V. V. Drotik

O. Hochar Dnipropetrovsk National University

INFLUENCE OF TECHNOGENIC BURDEN ON SOLUBLE CARBOHYDRATES RATIO IN LEAVES OF *ACER* GENUS REPRESENTATIVES

The paper examines the influence of environment anthropogenic pollution with toxic gases (SO₂, NO₂) and heavy metals (iron, mangan, zinc, mercury, chrome) on dynamics of soluble carbohydrates different forms ration in the leaves of *Acer* L. in conditions of steppe Prydniprovyu. The research objects were both the introducent sweet maple or silver maple (*A. saccharinum* L.), and the aboriginal species Norway maple (*A. platanoides* L.). It was ascertained that in the conditionally clean zone the general content of soluble carbohydrates in the leaves of both maples is increasing during the brisk growth of offshoots (June-July) whereas at the preliminary resting stage (August) it somewhat decreases. This parameter shows same dynamics in the monitoring site. The concentration and general amount of all the forms of soluble carbohydrates plummets in the leaves of *A. saccharinum* and *A. platanoides* under the influence of industrial and transportation emissions if compared with these parameters in the clean zone. Under technogenic influence the share of sucrose in total soluble sugars is rising whereas the glucose and fructose shares are decreasing in leaves of both maples species at the stage of shoot hidden growth. It can be explained by inhibiting the breathing capacity of leaves under man-induced load in growth period or by phloem transport of assimilates, which can be accompanied by decrease of oligosaccharide outflux to other plant organs. The research findings demonstrate that *A. saccharinum* species is more sensitive to the environment technogenic impact and *A. platanoides* species remains a semi-resistant one.

Key words: glucose, fructose, sucrose, environmental pollution, maples.

Нагальною проблемою сучасного мегаполісу є очищення атмосферного повітря, зниження рівня шуму, поліпшення мікрокліматичних умов, що досягається створенням газостійких насаджень різних типів [2]. Вони значною мірою нейтралізують забруднювачі або зменшують їх концентрації поблизу промислових зон і житлових комплексів [4]. Але, виконуючи фітомеліоративні функції, рослини самі зазнають ушкоджувальної дії антропогенних поллютантів.

Найбільше техногенне навантаження відчують фітоценози, розташовані вздовж транспортних магістралей міст. Саме в них тривалість життя дерев скорочується, порівняно з умовами лісу, в 5–8 разів [3].

Доведено [1; 8], що забруднювачі атмосферного повітря впливають на рослини організми як біохімічні агенти, змінюючи спрямованість метаболічних процесів. Вуглеводи є опорним, будівельним, енергетичним матеріалом і виконують найважливішу роль як проміжні продукти ряду біохімічних циклів, що визначає їх першочергове значення у процесах росту, розвитку та стійкості рослин до екстремальних факторів середовища. У попередніх дослідженнях [2; 5; 11] нами було показано негативний вплив промислового забруднення на динаміку накопичення вуглеводів у тканинах пагонів і асиміляційних органах деревних і чагарникових рослин, що позначилося на стійкості їх не лише до техногенних умов зростання, а й до інших несприятливих факторів середовища, характерних степовій зоні України [6].

Однак дослідження впливу фітотоксикантів на співвідношення в листках окремих форм моно- та олігосахаридів, які можуть підвищувати пристосувальні реакції рослин у степовому Придніпров'ї, практично не проводяться. Для озеленення території м. Дніпропетровськ застосовують цілий спектр декоративних деревних порід, у тому числі й представники роду *Acer* L. Але протягом останніх десятиріч виявлені помітні візуальні пошкодження кленів від хронічної дії техногенезу, що скорочує термін вегетації, під час якого ці деревні породи мають естетичний вигляд.

Зважаючи на все вищевикладене, метою нашої роботи було дослідити вплив техногенного навантаження на динаміку співвідношення різних форм розчинних цукрів у листках представників роду *Acer* L. в умовах степової зони України.

Об'єкти та методи досліджень. Об'єктами дослідження були два види роду *Acer* L.: інтродуцент клен цукристий, або сріблястий (*A. saccharinum* L.), та аборигенний вид клен гостролистий (*A. platanoides* L.), які широко використовуються для озеленення м. Дніпропетровськ.

Проби листків відбирали з модельних дерев одного вікового стану з гілок середнього ярусу південно-східного боку крони п'ятого порядку галуження у червні – серпні 2013 р. на двох пробних ділянках. Моніторингова точка розміщена на території, яка прилягає до траси з інтенсивним автомобільним рухом і ВАТ «Інтерпайп Нижньодніпровський трубопрокатний завод» м. Дніпропетровська, джерела токсичних газів (SO_2 і NO_2) і важких металів (залізо, манган, цинк, ртуть, хром) [6]. Умовно чистою (контрольною) зоною була територія Ботанічного саду Дніпропетровського національного університету ім. Олеся Гончара, де концентрації забруднювачів не перевищували ГДК. Лісорослинні умови, характеристики деревостану, структура й склад насаджень у моніторинговій точці та в контрольній зоні були подібними.

Вміст розчинних вуглеводів визначали за методикою Х. Г. Починка [1] на різних стадіях онтогенезу пагонів: активного росту, прихованого росту та попереднього спокою пагонів. Повторність дослідів була трикратною. Результати експерименту оброблені статистично [9].

Результати досліджень та їх обговорення. Результати наших досліджень свідчать, що в умовно чистій зоні загальний вміст розчинних вуглеводів у листках *A. saccharinum* і *A. platanoides* протягом фази активного росту пагонів зрос-

тає (червень – липень), сягає максимальних значень у фазі прихованого росту (липень), а під час фази попереднього спокою пагонів (серпень) дещо зменшується [10]. В умовах моніторингової точки має місце така ж динаміка дослідженого параметра. В обох видів кленів концентрація всіх форм розчинних цукрів і загальна їх кількість під дією промислових викидів суттєво зменшуються порівняно зі значеннями відповідних показників у чистій зоні.

Аналіз рис. 1 свідчить про те, що у листках *A. saccharinum* із контрольної ділянки співвідношення окремих форм розчинних вуглеводів змінюється не так значно, як у моніторинговій точці. Так, у рослин чистій зони частка фруктози протягом всього періоду онтогенезу пагонів залишається практично на одному рівні, а частка глюкози дещо зростає наприкінці вегетаційного періоду, коли пагони входять у фазу попереднього спокою. Частка сахарози до стадії прихованого росту зростає (липень), а в серпні знижується порівняно не лише з липневим, але й червневим значенням цього показника. Така динаміка вмісту олігосахариду наприкінці періоду вегетації пояснюється відтіканням його з листків до запасних тканин і органів.

Аналогічна динаміка частки сахарози протягом періоду досліджень спостерігається в умовах Ботанічного саду ДНУ і в листках іншого виду – *A. platanoides* (рис. 2), хоча слід зазначити, що динаміка співвідношення відновлювальних цукрів у асиміляційних органах цього виду дещо інша. Так, частка фруктози в листках клена гостролистого у липні падає порівняно з червневим значенням, а в серпні знову зростає, перевищуючи червнєве значення цього показника. Частка глюкози не змінюється протягом перших двох фаз онтогенезу пагонів та дещо знижується на стадії попереднього спокою пагонів.

У листках рослин обох видів кленів, які зростають у забрудненій токсичними газами та важкими металами зоні, співвідношення розчинних форм вуглеводів протягом всього вегетаційного періоду змінюється більш суттєво (рис. 1–2). За дії техногенного навантаження нами спостерігалось підвищення частки сахарози від загального вмісту розчинних цукрів в асиміляційних органах *A. saccharinum* і *A. platanoides* на стадії прихованого росту пагонів, яке супроводжувалося зменшенням часток відновлювальних цукрів. Ми вважаємо, що це може бути пов'язано з пригніченням дихальних процесів листків у техногенних умовах зростання або з порушенням флоемного транспортування асимілятів, що супроводжується зменшенням відтоку олігосахариду до інших органів рослин.

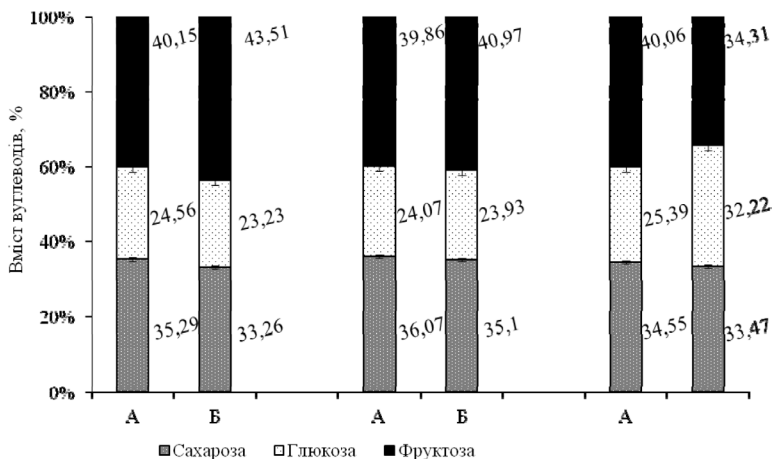


Рис. 1. Співвідношення розчинних вуглеводів у листках *A. saccharinum* в умовно чистій зоні (А) та в моніторинговій точці (Б), %:
I – червень, II – липень, III – серпень

Динаміка співвідношення різних форм відновлювальних цукрів у листках досліджених нами представників роду *Acer* в умовах техногенного навантаження на довкілля для кожного виду клена має свої особливості. Так, у *A. saccharinum* за дії токсичних газів і важких металів частка глюкози в листках протягом червня – липня практично не змінюється, а в серпні зростає на 34,8 % порівняно з червневим значенням показника. Така динаміка зміни концентрації глюкози узгоджується з динамікою вмісту іншого відновлювального цукру: частка фруктози протягом усіх стадій онтогенезу суттєво зменшується, сягаючи найменшого значення у серпні, на фазі попереднього спокою пагонів. Ймовірно, це пов'язане з пріоритетним використанням саме фруктози як субстрата клітинного дихання рослини у техногенних умовах зростання або з переважним синтезом цього моносахариду під час темнових реакцій фотосинтезу.

У листках дослідних рослин *A. platanoides*, які зростають на території, прилеглої до автомагістралі та ВАТ «Інтерпайп Нижньодніпровський трубопрокатний завод», співвідношення окремих форм відновлювальних цукрів протягом вегетаційного періоду змінюється в протилежному напрямі, ніж у *A. saccharinum*. Як видно з рис. 2, в асиміляційних органах клена гостролистого із забрудненої токсичними газами та важкими металами зони частка глюкози протягом фаз активного й прихованого росту пагонів залишається на одному й тому ж рівні, а на стадії прихованого росту пагонів дещо знижується. Частка фруктози від загального вмісту розчинних цукрів у листках, навпаки, зростає саме на останній фазі онтогенезу пагонів (серпень). Слід також підкреслити, що ці відмінності у співвідношенні глюкози і фруктози у даного виду менші порівняно зі змінами у співвідношенні окремих форм відновлювальних цукрів у *A. saccharinum*.

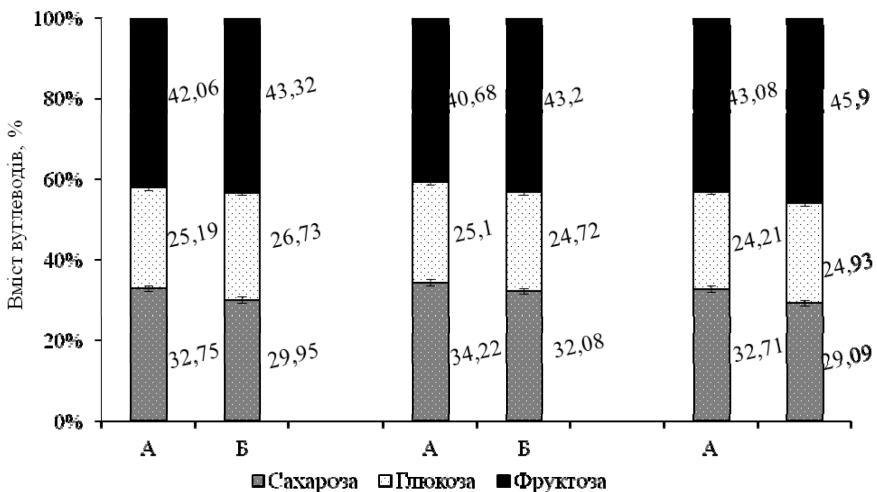


Рис. 2. Співвідношення розчинних вуглеводів у листках *A. platanoides* в умовно чистій зоні (А) та в моніторинговій точці (Б), %:
I – червень, II – липень, III – серпень

У літературі є свідчення дії промислових викидів на зміни співвідношення цукрів у пагонах та асиміляційних органах деревних порід [4; 12]. Так, в умовах впливу на рослини роду *Tilia* L. промислових емісій SO_2 , NO_x , H_2S , NH_3 , фенолів і завислих часток рівень відновлювальних цукрів перевищує частку сахарози протягом осінньо-зимового періоду, а частка моносахаридів зростає більшою мірою, ніж олігосахариду, особливо в стеблах *T. platyphyllos*. У цього виду частка крохмалю в стеблах дослідних рослин менша, ніж у рослин умовно чистої зони, а темпи падіння рівня полісахариду в зимові місяці майже однакові. У *T. europaea* про-

тягом всієї фази глибокого спокою і на початку фази вимушеного спокою пагонів частка крохмалю в стеблах рослин забрудненої зони вища, ніж у контролі внаслідок зниженої інтенсивності гідролізу полісахариду [12].

П. С. Гнатів (2006) простежив динаміку метаболізму різних за газостійкістю деревних видів протягом вегетаційного періоду в умовах м. Львів. Стійкі види (*Robinia pseudoacacia* L., *Salix alba* L.) з весни мали найбільший вміст цукрів у листках, малостійкі види нагромаджували більше цукрів у середині літа (*Aesculus hippocastanum* L.) або восени (*A. platanoides*). У дуже стійких видів лише в середині вегетації спостерігали збільшення пропорції цукрів у листках під тиском погіршення умов. У листках *Fagus sylvatica* L. впродовж фази активного формування асиміляційних органів (від останньої декади травня і до середини липня) в умовах урбофітоценозу поступово використовувалася найбільша кількість цукрів і водночас стрімко зростали оперативні резерви крохмалю [4].

Таким чином, вивчення динаміки співвідношення моно- та дисахаридів у листках *A. saccharinum* і *A. platanoides* протягом вегетаційного періоду свідчить про чутливість цих показників до антропогенного навантаження.

Висновки. Комплексне забруднення навколишнього середовища токсичними газами SO₂, NO₂, залізом, манганом, цинком, ртуттю і хромом викликає зміни у динаміці співвідношення розчинних форм вуглеводів у листках представників роду *Acer*. За вивченими нами показниками чутливішим до техногенної дії доквілля є *A. saccharinum*, а середньостійким – *A. platanoides*.

Бібліографічні посилання

1. Бессонова В. П. Методи фітоіндикації в оцінці екологічного стану доквілля : навч. посіб. з великого практикуму. Частина I / В. П. Бессонова. – Запоріжжя: ЗДУ, 2001. – 196 с.
2. Бессонова В. П. Семенное возобновление древесных растений и промышленные поллютанты (SO₂ и NO₂) / В. П. Бессонова, Т. И. Юсупова. – Запорожье, 2001. – 193 с.
3. Вронский В. А. Прикладная экология : учеб. пособие. / В. А. Вронский. – Ростов-на-Дону : Феникс, 1996. – 512 с.
4. Гнатів П. С. Функціональна адаптація деревних рослин до умов урбанізованого середовища на Заході України : дис... д-ра біол. наук : 03.00.16 / Гнатів Петро Степанович. – Чернівці, 2006. – 340 с.
5. Грицай З. В. Вплив промислових викидів коксохімічного підприємства на вміст вуглеводів та жирів у листках деревних рослин / З. В. Грицай, Т. І. Юсупова // Питання біоіндикації та екології. – 2004. – Вип. 9, № 2. – С. 97–107.
6. Екологічний паспорт Дніпропетровської області (2014 р.) // <http://www.menr.gov.ua>.
7. Зайцева І. О. Фізіолого-біохімічні основи інтродукції деревних рослин у Степовому Придніпров'ї / І. О. Зайцева, Л. Г. Долгова. – Д. : Вид-во ДНУ, 2010. – 388 с.
8. Косаківська І. В. Фізіолого-біохімічні основи адаптації рослин до стресів / І. В. Косаківська. – К., 2003. – 192 с.
9. Приседський Ю. Г. Статистична обробка результатів біологічних експериментів / Ю. Г. Приседський. – Донецьк, 1999. – 210 с.
10. Юсупова Т. Вплив техногенного навантаження на динаміку вмісту розчинних форм вуглеводів у листках представників роду *Acer* L. / Т. Юсупова, О. Борисова // Вісник Львів. ун-ту. – Сер. біол. – 2015. – № 69. – С. 174–182.
11. Юсупова Т. І. Вплив промислових емісій SO₂ та NO₂ на динаміку розчинних вуглеводів у листках декоративних чагарникових рослин / Т. І. Юсупова, А. В. Білоус // Питання степового лісознавства та лісової рекультивації земель. – Д. : РВВ ДНУ, 2010. – Вип. 39. – С. 136–142.
12. Юсупова Т. І. Співвідношення різних форм неструктурних вуглеводів у пагонах лип (*Tilia* L.) в умовах техногенезу / Т. І. Юсупова, Ю. П. Коваль // Матер. за VIII Міжнарод. науч. практ. конф. «Ключові въпроси в съвременната науката». 17–25 април 2012 г. – Софія: «Бял ГРАД-БГ» ООД, 2012. – С. 3–7.

Надійшла до редколегії 20.05.2015