

8. Хвестик М.А. Стратегічні імперативи раціонального природокористування в контексті соціально-економічного піднесення України : монографія / М.А. Хвестик. – Донецьк : Вид-во ТОВ "Юго-Восток. Лтд", 2008. – 496 с.

Надійшла до редакції 17.10.2016 р.

Лакида П.И., Прилипко И.С., Сорока Н.Г. Особенности моделирования стволовой продукции древостоев березы повислой в Черниговском Полесье

Исследованы особенности моделирования стволовой продукции древостоев березы повислой. Экспериментальную базу данных составили временные пробные площади, собранные по специальной методике, и поведельная таксационная характеристика банка данных Черниговского Полесья. Разработан комплекс математических моделей для оценки стволовой продукции древесины и коры древостоев березы повислой. Обработаны нормативы оценки продукции исследуемых компонентов. Установлено, что березовые насаждения в условиях Черниговского Полесья являются высокопродуктивными, ежегодно обеспечиваются высоким годовым приростом продукции стволов деревьев.

Ключевые слова: березовые древостои, биотическая продукция, таксационная характеристика, текущий прирост по запасу, запас коры.

Lakyda P.I., Prilipko I.S., Soroka N.G. The Features of Simulation of Stem Products of Silver Birch Stands in Chernihiv Polissya

The features of simulation of stem products of silver birch stands are studied. The experimental database is made using temporary sample plots, collected by a special methodology and excretory taxation databank of Chernigivske Polissya. The complex of mathematical models to evaluate the production of stem wood and bark of silver birch stands is developed. Production standards of the assessment of study components are processed. It is found that silver birch stands of Chernigivske Polissya are highly productive; they provide high annual growth of tree trunks.

Keywords: birch stands, biotic products, taxation data, the current increase in the stock, the stock of bark.

УДК 577.1:581.1:582.685.4

ФІЗІОЛОГІЧНИЙ СТАН АСИМІЛЯЦІЙНИХ ОРГАНІВ РОСЛИН РОДУ ЛИПА (TILIA L.) В УМОВАХ МІСТА КИЄВА

Н.О. Олексійченко¹, А.Ф. Ліханов², С.М. Костенко³

Встановлено, що варіабельність вмісту хлорофілів і каротиноїдів у листках рослин роду *Tilia* L. зумовлена не тільки екологічними чинниками, а й видоспецифічними та індивідуальними особливостями рослинних організмів. Видові відмінності виявлено також у процесах нагромадження фенольних сполук, зокрема флавоноїдів. Показано, що синтез фенолів у листках підвищується зі збільшенням рівня техногенного навантаження і є активнішим на початку вегетації рослин. У динаміці синтезу і нагромадження пластидних пігментів і фенольних сполук визначено обернену залежність, яка пов'язана зі захисними і регуляторними функціями фенолів на етапах активного росту рослин. Визначено, що підвищення у 2,0-2,1 раза вмісту фенольних сполук з антиоксидантними властивостями в листках відбувалось на фоні виникнення часткових хлорозів і некротичних пошкоджень.

Ключові слова: липа, листки, хлорофіли, каротиноїди, феноли, флавоноїди.

¹ проф. Н.О. Олексійченко, д-р с.-г. наук – НУ біоресурсів і природокористування України, м. Київ;

² доц. А.Ф. Ліханов, канд. біол. наук – НУ біоресурсів і природокористування України, м. Київ;

³ наук. співроб. С.М. Костенко, канд. с.-г. наук – НУ біоресурсів і природокористування України, м. Київ

Вступ. Для визначення рівня екологічної пластичності деревних видів рослин важливо визначити високоінформативні морфологічні ознаки, які забезпечують їх адаптивні реакції у техногенних умовах. Відомо, що в разі значних техногенних навантажень у рослин виявляються тенденції до розвитку ксероморфних ознак, які за звичайних природних умов забезпечують життєздатність організму за дефіциту вологи на фоні високих температур. Підвищення у ґрунті і промислового пилу важких металів спричиняють аномальну мінливість і тератогенез рослин [1].

Показано, що в умовах автотранспортного забруднення і засолення ґрунтів змінюється стан фотосистем рослин. Серед рослин роду *Tilia* L., які широко використовують в озелененні промислових міст, найбільша кількість неактивних хлорофілів, які не задіяні у процесі передачі енергії на реакційний центр (РЦ), характерна для *Tilia cordata* Mill. і *T. platyphyllos* Scop. [3]. Високий вихід флуоресценції хлорофілу у листках пов'язаний із блокуванням РЦ, у яких відсутній вихід енергії на фотосистему I. Водночас, Е.А. Срофєєва у багаторічних дослідженнях пластидних пігментів рослин іншого референтного виду (*Betula pendula* Roth) достовірних зв'язків між рівнем автотранспортного навантаження і вмістом пластидних пігментів у листках не виявила [6]. На її погляд, для фітоіндикації варто використовувати параметри рослин, які не беруть безпосередньої участі у процесах адаптації організму до антропогенного навантаження, оскільки вони здатні змінюватись монотонно за збільшенням рівня забруднення в широкому діапазоні. Взагалі для моніторингу фізіологічного стану деревних насаджень в умовах міських екосистем запропоновано широкий спектр якісних і кількісних індикаторних ознак та їх комплексів. Однак серед них, ймовірно, не існує абсолютно стабільних й універсальних показників для всіх деревних видів рослин.

Метою дослідження – дослідити сезонну динаміку і варіабельність вмісту пластидних пігментів і фенольних сполук у листках рослин роду *Tilia* в умовах Києва.

Матеріали та методи дослідження. Дослідження впливу складного комплексу абіотичних і техногенних чинників на морфологічний стан асиміляційних органів рослин роду липа (*Tilia* L.) здійснено впродовж 2015-2016 рр. Відбір зразків листків з дерев генеративного віку виконували на стадії активної вегетації (початок червня) і наприкінці вегетації (серпень). Для відбору зразків обрано вуличні насадження липи на вул. Саксаганського (м. Київ) – з двосторонньою забудовою і шосе Набережне (м. Київ) – без забудови біля р. Дніпро.

Дослідження проведено на метанольних екстрактах листків ($v/v = 1/10$) нижнього ярусу (2 м) п'яти видів: липа широколиста (*Tilia platyphyllos*), липа бегонієлиста (*Tilia begoniifolia* Steven), липа серцелиста або дрібнолиста (*Tilia cordata*), липа європейська (*Tilia europaea* L.), липа срібляста (*Tilia tomentosa* Moench.).

Кількісний вміст хлорофілів і каротиноїдів у листках визначено за формулою [8]:

$$C_a = 16,72A_{665,2} - 9,16A_{652,4}, \text{ мг/мл;}$$

$$c_b = 34,09A_{652,4} - 15,28A_{665,2}, \text{ мг/мл};$$

$$c_{(x+c)} = (1000A_{700} - 1,63c_a - 104,96c_b) / 221, \text{ мг/мл}.$$

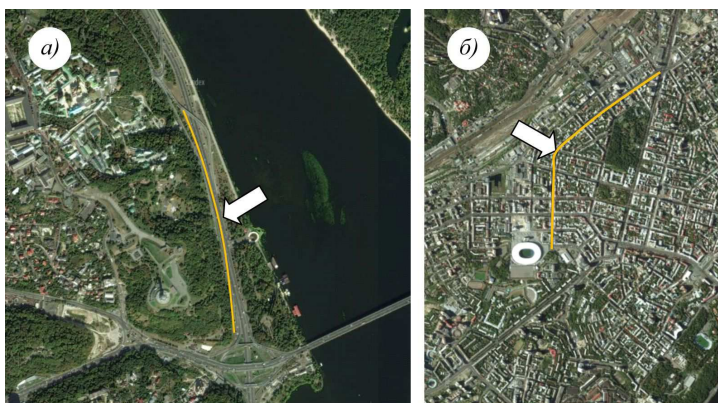


Рис. 1. Місце розташування групових насаджень рослин роду *Tilia*, на яких проведено морфофізіологічні дослідження асиміляційних органів: а – шосе Набережне, б – вул. Саксаганського (показано стрілками на супутниковій карті Google)

Сумарний вміст фенольних сполук у метанольних екстрактах (MeOH – 100 %) листків визначено на сканувальному спектрофотометрі Optizen Pop (Південна Корея) з використанням реактиву Фоліна-Чокольтеу [2]. Калібрувальний графік побудовано за галовою кислотою. Кількісний вміст флавоноїдів визначали у метанольних екстрактах (v/v – 1/10) за $\lambda = 415$ нм. До 300 мкл екстракту послідовно додавали 200 мкл 0,1М розчину хлориду алюмінію (AlCl₃) і 300 мкл 1М ацетату натрію (CH₃COONa). Як стандарт використовували кверцетин (Sigma, Germany). Повторність фітохімічних досліджень – 5-тиразова.

Якісний аналіз низькополярних речовин, пігментів і фенольних сполук у тканинах листків рослин роду *Tilia* досліджували методом високоефективної тонкошарової хроматографії (ВЕТШХ) на пластинках Silicagel G60 (Merck) у системі розчинників: хлороформ – ацетон – толуол – мурашина кислота (v/v/v/v – 30/16/8/2). Для виявлення на хроматограмі індивідуальних речовин з високим антиоксидантним потенціалом пластинку після ретельного просушування обробляли 0,5 мМ розчином 2,2-діфеніл-1-пікрілгідразил радикала (ДФПГ*) у чистому метанолі, витримували 10 хв без доступу світла і прогрівали 30 с за температури 60 °С. Хроматограму сканували на планшетному сканері і аналізували в програмному модулі Sorbfil TLC Videodensitometer.

Спектрофотометричні дослідження пігментів і фенольних сполук у листках рослин здійснено у 5-ти біологічних пробах. Достовірність відмінностей середніх визначено за найменшою істотною різницею (НІР) за $p > 0,05$.

Результати та їх обговорення. Під час проведення моніторингових досліджень стану міських насаджень з'ясовано, що комплекс пластидних пігментів і вміст у листках липи продуктів фенілпропаноїдного синтезу й флавоноїдів є до-

сить варіабельними показниками, які залежать від функціонального стану рослин. При цьому перший – визначає потенційну здатність листків до процесів асиміляції, синтезу і нагромадження вуглеводнів і інших продуктів пластичного обміну. Другий – пов'язаний із продуктами вторинного метаболізму, які виконують широкий спектр функцій і забезпечують реалізацію адаптаційних реакцій рослин. У стані активної вегетації різні види лип мали достатньо високий для деревних рослин вміст хлорофілів. Найбільшу кількість пластидних пігментів у листках встановлено для видів *T. ×europaea* і *T. tomentosa* (табл. 1).

Табл. 1. Пігментний комплекс листків рослин роду *Tilia* на початку вегетації за різних умов місцезростання

| Вид | Умови зростання | Пластидні пігменти, мг/г сирової ваги | | | |
|---------------------------|-----------------|---------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | | Хл а | Хл б | Хл а + Хл б | Кар (к) |
| <i>Tilia begoniifolia</i> | Скг | 3,34 ^{±0,17} | 1,08 ^{±0,05} | 4,4 ^{±0,22} | 1,8 ^{±0,09} |
| <i>Tilia begoniifolia</i> | Нш | 5,07 ^{±0,25} | 1,63 ^{±0,08} | 6,7 ^{±0,34} | 2,43 ^{±0,12} |
| <i>Tilia × europaea</i> | Скг | 7,90 ^{±0,40} | 2,74 ^{±0,14} | 10,6 ^{±0,55} | 3,62 ^{±0,18} |
| <i>Tilia × europaea</i> | Нш | 2,50 ^{±0,13} | 0,78 ^{±0,04} | 3,3 ^{±0,16} | 1,49 ^{±0,07} |
| <i>Tilia platyphyllos</i> | Скг | 4,40 ^{±0,22} | 1,68 ^{±0,08} | 6,1 ^{±0,30} | 2,00 ^{±0,10} |
| <i>Tilia cordata</i> | Скг | 4,80 ^{±0,24} | 1,66 ^{±0,08} | 6,5 ^{±0,32} | 2,25 ^{±0,12} |
| <i>Tilia platyphyllos</i> | Нш | 3,18 ^{±0,16} | 1,03 ^{±0,05} | 4,2 ^{±0,21} | 1,51 ^{±0,08} |
| <i>Tilia tomentosa</i> | Нш | 5,63 ^{±0,28} | 1,79 ^{±0,09} | 7,4 ^{±0,37} | 2,27 ^{±0,11} |
| НІР _{0,05} | – | 0,23 | 0,08 | 0,31 | 0,11 |

* Скг – вул. Саксаганського; ** Нш – шосе Набережне

Варто зазначити, що підвищений вміст хлорофілу *a* визначено у рослин *T. ×europaea*. Водночас в умовах шосе Набережне цей показник виявився майже у 3,0 рази нижчим, ніж на вул. Саксаганського, а вміст каротиноїдів був меншим у 2,4 рази. Втім, встановлена особливість характерна тільки для рослин *T. ×europaea*. Для рослин *T. begoniifolia* встановлена протилежна залежність. Отже, різниця у вмісті хлорофілів може бути пов'язана не тільки з екологічними чинниками, але й із видоспецифічними та індивідуальними особливостями рослинного організму. На електронних спектрах пігментів листків у всіх досліджуваних видів виявлено п'ять піків поглинання: 420, 436, 470, 617 і 665 нм (рис. 2).

Другий і третій піки на спектрах (436 і 470 нм) притаманні α -каротину, а також пігментам ксантофілового ряду, зокрема лютеїну і віолоксантину. Лютеїн утворюється з α -каротину під дією каротингідроксилази [4]. Він розсіює надлишкову енергію, недосягну для хлорофілів, виконує фотозахисну функцію і нейтралізує радикали, які активно утворюються у процесі фотосинтезу. Другий пігмент із групи ксантофілів – віолоксантин – виконує антенну функцію у переносі енергії на хлорофіл *a* і активно утворюється в умовах часткового затінення.

У листках *T. begoniifolia* і *T. tomentosa* в умовах шосе Набережне за максимумом поглинання світла довжиною хвилі 414 нм виявлено також неоксантин, який утворюється з віолоксантину під дією ферменту неоксантинсинтази [5]. Цей пігмент є проміжним продуктом у синтезі абсцизової кислоти, яка активно утворюється у стресових умовах, зокрема в разі водного дефіциту. Останні два піки поглинання на електронних спектрах (617 і 665 нм) характерні для хлорофілу *a*.

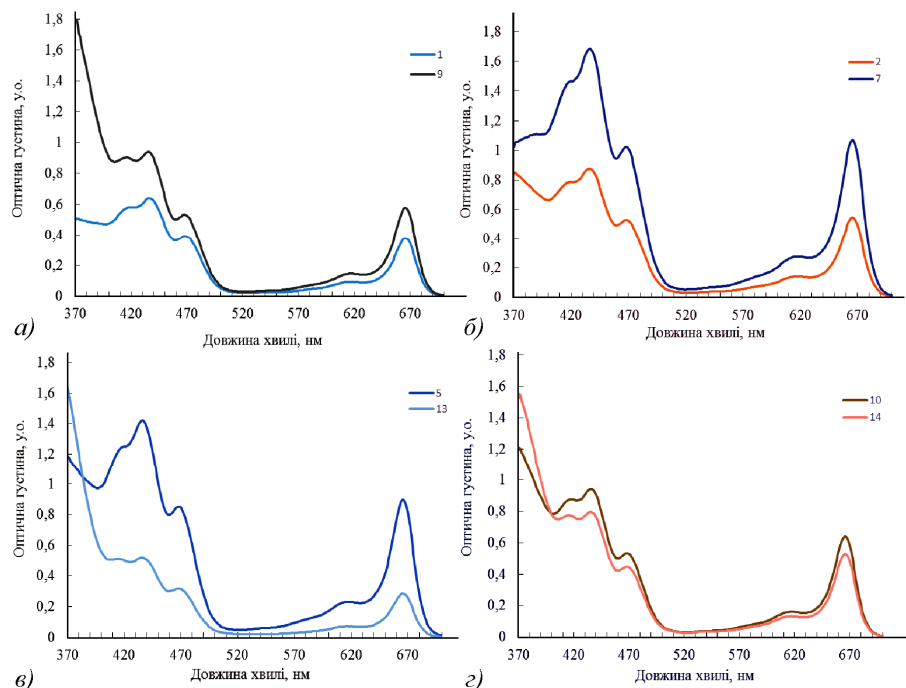


Рис. 2. Спектри поглинання світла пластидними пігментами рослин роду *Tilia* в умовах Києва: а) *Tilia begoniifolia* (1 – вул. Сакаганського, 9 – шосе Набережне); б) *Tilia cordata* (2, 7 – вул. Сакаганського); в – *Tilia x europaea* (5 – вул. Сакаганського, 13 – шосе Набережне); г – *Tilia tomentosa* (10, 14 – шосе Набережне)

З початку до кінця активної фази вегетації вміст пластидних пігментів у листках закономірно збільшувався (рис. 3). Найактивніше цей процес відбувався у рослин *T. begoniifolia*, *T. x europaea* і *T. platyphyllos*. Водночас динаміка збільшення вмісту допоміжного хлорофілу *b* у листках виражена тільки у двох останніх видів. Найбільш вирівняними за сезонною динамікою вмісту хлорофілів і каротиноїдів були рослини *T. cordata*.

Важливою складовою частиною забезпечення стабільності пігментного комплексу і фотосинетичного апарату загалом є фенольні сполуки, значна частина яких синтезується у хлоропластах. Переважна більшість фенолів оптично активна і виконує функцію фотозахисних бар'єрів. Залежно від хімічної структури фенольні сполуки по-різному вступають в окисно-відновлювані реакції, що реалізується клітинами у процесах дихання, нейтралізації радикалів, формуванні клітинних стінок тощо. За нашими даними, якісний і кількісний склад фенольних сполук п'яти видів лип виявився досить лабільним і чутливим до чинників природного середовища.

У деяких дерев *T. cordata*, *T. x europaea*, які за попередніми візуальними спостереженнями упродовж трьох років мали ознаки функціональних порушень асиміляційних органів (депігментація листків, крайові і міжжилкові хлорози,

точкові та крайові некрози), на початку вегетації виявлено значне збільшення продуктів фенілпропанної синтезу (табл. 2).

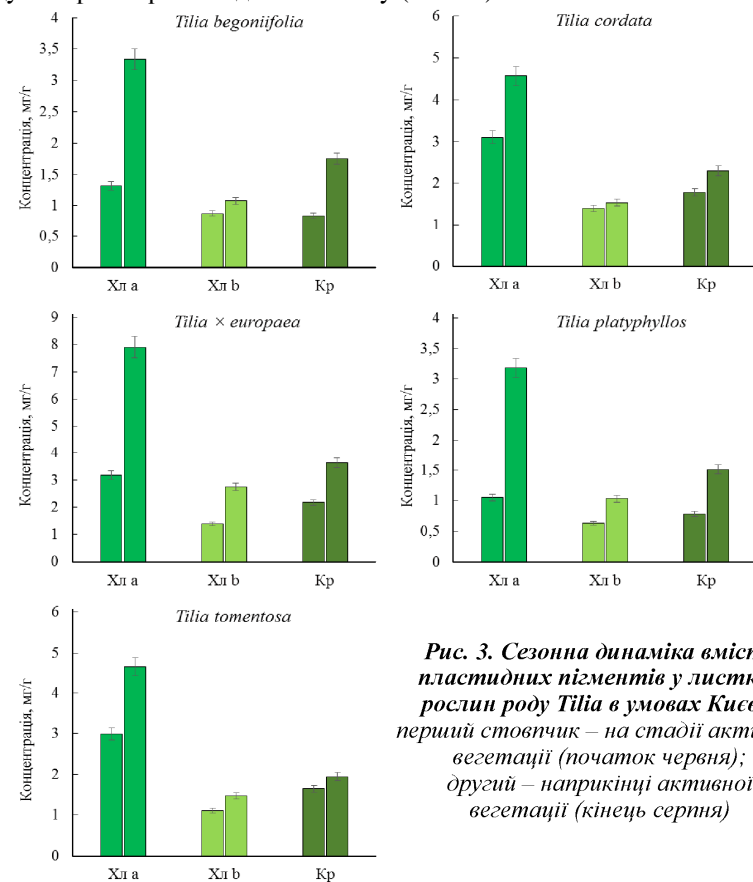


Рис. 3. Сезонна динаміка вмісту пластидних пігментів у листках рослин роду *Tilia* в умовах Києва: перший стовпчик – на стадії активної вегетації (початок червня); другий – наприкінці активної вегетації (кінець серпня)

Табл. 2. Загальний вміст фенольних сполук і флавоноїдів у листках рослин роду *Tilia* на початку і наприкінці фази активної вегетації

| Таксон | Лк | Початок вегетації | | Кінець вегетації | | Фн/Фл | |
|---------------------------|-------|------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-------|------|
| | | Фн, мг/г | Фл, мг/г | Фн, мг/г | Фл, мг/г | | |
| <i>Tilia begoniifolia</i> | Скг * | 194,6 ^{±7,78} | 11,3 ^{±0,57} | 101,8 ^{±5,09} | 10,2 ^{±0,41} | 10,0 | |
| <i>Tilia cordata</i> | Скг | 146,2 ^{±7,51} | 5,8 ^{±0,25} | 116,0 ^{±5,80} | 13,2 ^{±0,53} | 8,8 | |
| <i>Tilia x europaea</i> | Скг | 207,2 ^{±8,29} | 9,0 ^{±0,45} | 109,2 ^{±4,57} | 17,5 ^{±0,88} | 6,3 | |
| <i>Tilia platyphyllos</i> | Скг | 160,4 ^{±8,02} | 14,1 ^{±0,56} | 50,7 ^{±2,03} | 10,2 ^{±0,51} | 5,0 | |
| <i>Tilia begoniifolia</i> | Нш ** | 129,3 ^{±5,17} | 15,3 ^{±0,77} | 124,5 ^{±6,23} | 25,4 ^{±1,02} | 4,9 | |
| <i>Tilia tomentosa</i> | Нш | 68,4 ^{±3,42} | 22,3 ^{±0,89} | 76,0 ^{±5,04} | 20,3 ^{±0,81} | 3,8 | |
| <i>Tilia x europaea</i> | Нш | 126,5 ^{±5,06} | 5,2 ^{±0,26} | 138,0 ^{±6,90} | 21,4 ^{±1,07} | 6,4 | |
| <i>Tilia platyphyllos</i> | Нш | 92,1 ^{±4,61} | 12,5 ^{±0,50} | 124,2 ^{±4,97} | 21,0 ^{±0,84} | 5,9 | |
| HIP 0,05 | | – | 11,25 | 8,00 | 8,40 | 5,00 | 0,64 |

* Скг – вул. Сакаганського; ** Нш – шосе Набережне; Лк – локалітет; Фн – феноли; Фл – флавоноїди

За результатами біохімічного аналізу листків п'яти видів лип з'ясовано, що на початку вегетації за збільшення вмісту загальних фенольних сполук вони розташовувались так: *Tilia tomentosa* < *Tilia platyphyllos* < *Tilia begoniifolia* < *Tilia cordata* < *Tilia × europaea*. Відносно вмісту флавоноїдів досліджені види мали інший, майже зворотний, порядок: *Tilia × europaea* < *Tilia cordata* < *Tilia platyphyllos* < *Tilia begoniifolia* < *Tilia tomentosa*. Протягом вегетації, з появою перших ознак хлорозів листків, за вмістом фенольних сполук і флавоноїдів означений вище ряд видів змінився.

За різних мезокліматичних і ґрунтових умов, а також за різним рівнем техногенного навантаження, пов'язаного, головним чином, з прямим та опосередкованим впливом громадського і приватного автомобільного транспорту, показники вмісту фенольних сполук у листках трьох видів лип (*T. begoniifolia*, *T. × europaea*, *T. platyphyllos*) на вул. Саксаганського, в 1,5-1,7 рази перевищували аналогічні дані деревних насаджень Набережного шосе, які добре продуваються. Втім, упродовж вегетації ця різниця поступово зменшувалась. Наприкінці активної вегетації вона вже становила для *T. begoniifolia* – 0,8 і 0,4 – для *T. × europaea*, а у дерев виду *T. platyphyllos* в умовах Набережного шосе вміст фенольних сполук збільшився майже у 2,0-2,5 рази. Залежність вмісту флавоноїдів від умов місцезростання була іншою. Зменшення кількості флавоноїдів у листках дерев на шосе Набережне виявлено тільки у видів *T. europaea* і *T. platyphyllos*. Втім з часом, загальний вміст флавоноїдів у більшості видів лип збільшувався на 30-60%. За біохімічними профілями оксибензойних і оксикоричних кислот та їх кон'югатів види *T. tomentosa* і *T. cordata* були достатньо схожі (рис. 4).

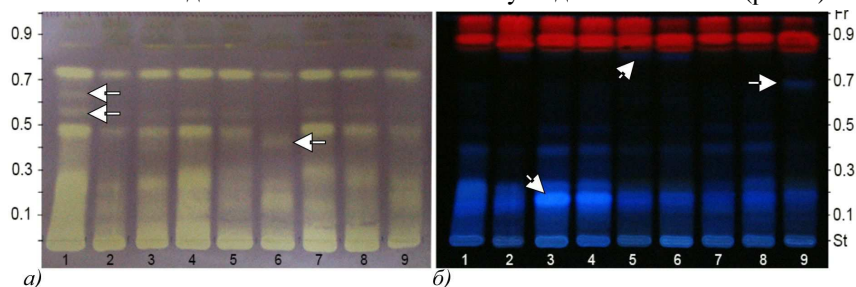


Рис. 4. Хроматограма розділення пігментів і фенольних сполук листків рослин роду *Tilia* за різних умов місцезростання: а) виявлення індивідуальних сполук з високою антиоксидантною активністю; б) автофлуоресценція пігментів і фенольних речовин (за $\lambda = 366$ нм); 1,2 – *Tilia begoniifolia*; 3,4 – *Tilia tomentosa*; 5,6 – *Tilia × europaea*; 7,8 – *Tilia cordata*; 9 – *Tilia platyphyllos*

Рослини *T. × europaea*, на відміну від *T. tomentosa* і *T. cordata*, містили у листках відносно високу концентрацію речовини з $R_f \sim 0,81$. Характерною особливістю рослин *T. tomentosa* було нагромадження у листках кон'югату з $R_f \sim 0,25$ (рис. 4, б – вказано стрілкою).

Підвищення вмісту фенольних сполук у листках відбувалось на фоні часткових хлорозів і некротичних пошкоджень. У рослин *T. begoniifolia* і *T. cordata* на вул. Саксаганського до 30% площі листових пластинок були уражені хлорозом. Загальна кількість антиоксидантів фенольної природи при цьому зроста-

ла у 2,0-2,1 рази. Підвищення вмісту фенольних антиоксидантів є захисною реакцією асиміляційного апарату, за якою процеси пластичного обміну у клітинах мезофілу спрямовуються на збільшення пулу вторинних метаболітів, що вочевидь призводить до зменшення загальної кількості цукрів і запасних вуглеводнів. Враховуючи, що активація синтезу фенолів залежить від рівня техногенного навантаження і визначена у всіх п'яти досліджених видів липи, можна розглядати цей показник як маркерну ознаку потенційної стійкості дерев. У майбутньому потрібно з'ясувати, які саме фенольні сполуки є ключовими метаболітами, що виконують протекторні функції у клітинах і тканинах різних видів лип за умов різного рівня забруднення повітря і ґрунту в міських екосистемах.

Висновки. Отже, у процесі моніторингових досліджень встановлено, що варіабельність вмісту хлорофілів і каротиноїдів у листках рослин роду *Tilia* зумовлена не тільки екологічними чинниками, а й видовими та індивідуальними особливостями рослинних організмів.

Визначено, що синтез фенольних сполук є активнішим на початку вегетації рослин. У динаміці синтезу і нагромадження пластидних пігментів і фенольних сполук існує обернена залежність, яка пов'язана зі захисними і регуляторними функціями фенолів на етапах активного росту рослин. Підвищення вмісту фенольних антиоксидантів у листках *T. cordata*, і *T. × europaea* синхронізовано з першими ознаками дехромації листових пластинок.

Література

1. Глухов А.З. Тератогенез растений на юго-востоке Украины / А.З. Глухов, А.И. Хархота, А.С. м, А.Ф. Лиханов. – Донецк : Изд-во "Норд-пресс", 2005. – 178 с.
2. Сибгатуллина Г.В. Методы определения редокс-статуса культивируемых клеток растений / Г.В. Сибгатуллина, Л.Р. Хаертдинова, Е.А. Гумерова и др. – Казань : Изд-во "Казанский (Приволжский) Федеральный ун-тет", 2011. – 61 с.
3. Совакова М.О. Екологічна толерантність видів липи (*Tilia* L.) за фото- та термоіндукованими змінами флуоресценції хлорофілу листків / М.О. Совакова, О.В. Соваков, О.І. Китаєв // Науковий вісник НУБіП України : зб. наук. праць. – Сер.: Лісівництво і декоративне садівництво. – К. : Вид-во НУБіП України. – 2014. – № 198. – С. 285-293.
4. Armstrong G.A. Genetics and molecular biology of carotenoid pigment biosynthesis / G.A. Armstrong, J.E. Hearst // FASEB J. – 1996. – Vol. 10 (2). – Pp. 228-237.
5. Bouvier F. Identification of neoxanthin synthase as a carotenoid cyclase paralog / F. Bouvier, A. D'Harlingue, R.A. Backhaus, M.H. Kumagai, B. Camara // European Journal of Biochemistry. – 2000. – Vol. 267 (21). – Pp. 6346-6352.
6. Erofeeva E.A. Dependence of guaiacol peroxidase activity and lipid peroxidation rate in dropping birch (*Betula pendula* Roth) and Tillet (*Tilia cordata* Mill) leaf on motor traffic pollution intensity / E.A. Erofeeva // Dose Response. – 2015. – Vol. 13(2). – Pp. 1-12.
7. Plant pigments and their manipulation. – Ed. by K.M. Davies // Annual plant reviews. – 2004. – Vol. 14. – 352 p.
8. Handbook of Food Analytical Chemistry: Pigments, Colorants, Flavors, Texture, and Bioactive Food Components – Ed. by E. Wrolstad ... et. al. / Pigments and colorants. – 2005. – F. 4. – Pp. 175-176.

Надійшла до редакції 20.10. 2016 р.

Олексійченко Н.А., Лиханов А.Ф., Костенко С.Н. Физиологическое состояние ассимиляционных органов растений рода липа (*Tilia* L.) в условиях города Киева

Установлено, что вариабельность содержания хлорофиллов и каротиноидов в листьях растений рода *Tilia* L. обусловлена не только экологическими факторами, но и

видоспецифічними и индивидуальними особенностями растительных организмов. Видовые различия выявлены также в процессах накопления фенольных соединений, в том числе флавоноидов. Показано, что синтез фенолов в листьях растет при повышении уровня техногенной нагрузки и является более активным в начале вегетации. В динамике синтеза и накопления пластидных пигментов и фенольных соединений определена обратная зависимость, которая связана с защитными и регуляторными функциями фенолов на этапах активного роста растений. Установлено, что повышение в 2,0-2,1 раза содержания фенольных соединений с антиоксидантными свойствами в листьях происходило на фоне появления частичных хлорозов и некротических повреждений.

Ключевые слова: липа, листья, хлорофиллы, каротиноиды, фенолы, флавоноиды.

Oleksijchenko N.O., Likhonov A.F., Kostenko S.M. Physiological State of Plant Organs of the Linden Genus (*Tilia L.*) under Kyiv Conditions

Variability of chlorophylls and carotenoids content in leaves of genus *Tilia L.* is defined to be due not only to environmental factors. It also depends on species-specific and individual features of plant organisms. Species differences were found in accumulation processes of phenolic compounds including flavonoids. Phenol synthesis in leaves was increased with high level of anthropogenic impact and was more active at the beginning of vegetation period. In synthesis and accumulation of plastid pigments and phenolic compounds inverse relation was identified which associate with protection and regulatory functions at stages of plant active growth.

Partial formation of chlorosis and necrosis was a result of increasing of phenolic compounds amount with antioxidant properties. Total amount of phenolic antioxidants increased in 2.0-2.1 times.

Keywords: *Tilia*, leaves, chlorophylls, carotenoids, phenols, flavonoids.

УДК 712:582.746.58:631.5

ОСОБЛИВОСТІ РОЗМНОЖЕННЯ *AESCULUS CARNEA* HAYNE

Ю.В. Євтушенко^{1,2}

Наведено результати дослідження насінневого та вегетативного способів розмноження *Aesculus carnea* Hayne. Визначено технічну та ґрунтову схожість насіння, охарактеризовано морфобіометричні параметри різновікових сіянців. Встановлено, що у разі розмноження гіркогоаштана м'ясо-червоного щепленням, найдоцільнішим буде проведення простого або поліпшеного копулірування. Розкрито біотехнологічні особливості отримання рослин-регенерантів *A. carnea* шляхом розмноження методом культури *in vitro*. Підібрано найоптимальнішу схему отримання асептичної культури, склад живильних середовищ для індукції процесів морфогенезу та ризогенезу.

Ключові слова: гіркогоаштан м'ясо-червоний, окулірування, копулірування, мікрোকлональне розмноження, живильне середовище, *in vitro*.

Вступ. Ефективність інтродукції тісно пов'язана з біологічними особливостями рослин. Це зумовлює потребу вивчення адаптаційних можливостей інтродуцента, серед яких – питання успішності розмноження, адже його життєздатність спрямована насамперед на збереження його як виду і збільшення кількості особин. Водночас швидкі темпи зростання обсягів садово-паркового будівництва зумовлюють зростання потреби забезпечення ринку якісним садивним матеріалом. Першочерговим етапом є технологія розмноження рослин, упровадження нових та вдосконалення вже існуючих технологій з метою інтенсифікації виробництва.

Даних щодо особливостей розмноження гіркогоаштана м'ясо-червоного небагато. У літературних джерелах є інформація про доцільність розмноження виду щепленням [1, 3, 5]. К.Г. Ваніцек [2] рекомендує проводити його способом окулірування в кореневу шийку. І.І. Жингієту [3] детально описує процес розмноження *A. carnea* поліпшеним копуліруванням, використовуючи як підщепу одно- та дворічні сіянці гіркогоаштана звичайного. У науковій літературі наведено результати мікрোকлонального розмноження досліджуваного виду шляхом андрогенезу. Описано вплив генотипу, віку, температури навколишнього середовища, складу живильного середовища на індукцію андрогенезу *A. carnea* [10]. Л. Радоевіч [11] досліджувала культуру пиляків гіркогоаштана м'ясо-червоного, які ізолювала із квіткових бруньок на різних стадіях розвитку.

Мета дослідження – встановити технологічні особливості проведення насінневого та вегетативного (щеплення та метод культури *in vitro*) способів розмноження гіркогоаштана м'ясо-червоного.

Матеріали та методика дослідження. Дослідження посівних якостей насіння *A. carnea* та його розмноження методом щеплення здійснено упродовж 2013-2016 рр. на території декоративного розсадника відділу ландшафтного будівництва Національного ботанічного саду ім. М.М. Гришка. Визначення технічної схожості проведено згідно з ГОСТ 13056.6-97 [9]. Ґрунтову схожість визначено шляхом осіннього посіву насіння (кінець жовтня) без передпосівного оброблення у відкритий ґрунт в борозни завглибшки 6-10 см з відстанню 30 см. Проведення окулірування, простого та поліпшеного копулірування здійснено відповідно до загальноприйнятих методик у декоративному розсадництві [7]. Як підщепу використано трирічні сіянці гіркогоаштана звичайного. Дослідження мікрোকлонального розмноження проведено на базі Науково-дослідної лабораторії біотехнології рослин ВП НУБіП "Боярська ЛДС" упродовж 2014-2015 рр. У процесі роботи використано однорічні пагони *A. carnea* завдовжки 15-20 см, відібрані у лютому від 40-річної рослини-донора на території Національного ботанічного саду ім. М.М. Гришка. Як експлантати використано фрагменти штучно пробуджених пагонів завдовжки 1-3 см. Поверхнєве очищення експлантатів здійснювали шляхом витримання у мильному розчині упродовж 20 хв, після чого двічі відмивали у дистильованій воді упродовж 10 хв. Наступний етап стерилізації проводили у стерильному ламінарному боксі.

Як стериланти використано такі хімічні реагенти: 0,1 % дихлорид ртуті ($HgCl_2$), 2,5 % гіпохлорит натрію ($NaOCl$), 1,0 % нітрат срібла ($AgNO_3$) з експозицією 3,5 та 7 хв для кожної із стерилізаційних речовин. Після стерилізації експлантати було висаджено на безгормональне живильне середовище Мурасіге і Скуга MS [12], з додавання активованого вугілля ($2 \text{ г} \cdot \text{л}^{-1}$) для знешкодження дії фенольних сполук. Культивування експлантатів виконували на зазначеному вище середовищі, доповненому фітогормонами у різних співвідношеннях та концентраціях: кінетин ($0,25-0,5 \text{ мг} \cdot \text{л}^{-1}$); БАП ($0,5-1,0 \text{ мг} \cdot \text{л}^{-1}$); ІМК ($0,5 \text{ мг} \cdot \text{л}^{-1}$); ІОК ($0,5-1,0 \text{ мг} \cdot \text{л}^{-1}$). Дотримання стерильних умов здійснювали відповідно до загальноновживаних методик [4, 6]. Культивування експлантів проводили у культуральній кімнаті з кондиційованим повітрям, на скляних стелажах, за температури $25^{\pm 1} \text{ }^\circ\text{C}$, відносної вологості повітря 70-75 %, фотоперіоду 16 год і штучно-

¹ аспір. Ю.В. Євтушенко – НУ біоресурсів і природокористування України, м. Київ;

² наук. керівник: проф. С.Б. Ковалевський, д-р с.-г. наук – НУ біоресурсів і природокористування України, м. Київ