

УДК:582.711.11:581.1(477-25)

**ВМІСТ ТА СПІВВІДНОШЕННЯ ФОТОСИНТЕТИЧНИХ ПІГМЕНТІВ У  
ЛИСТКАХ ПРЕДСТАВНИКІВ РОДУ *PHILADELPHUS* L. НАСАДЖЕНЬ  
М. КИЄВА**

**С. М. КОСТЕНКО, аспірантка\*,**

**А.Ф. ЛІХАНОВ, кандидат біологічних наук, доцент, С.Б.**

**КОВАЛЕВСЬКИЙ, доктор сільськогосподарських наук, професор**

*У листках чубушників виявлено високу концентрацію каротиноїдів (0,33–0,54 мг/г). Найвищий загальний вміст зелених пігментів (Хл a+b) визначено у чубушників *Philadelphus lemoinei* 'Albatre' (3,56 мг/г) і *Ph. coronarius* L. (3,05мг/г). З'ясовано, що значне варіювання співвідношення вмісту хлорофілів до каротиноїдів у листках досліджуваних представників роду *Philadelphus* L. (3,03–10,88) характеризує їх як рослини адаптовані до широкого діапазону рівня освітлення. Визначено, що каротиноїди та інші оптично активні сполуки у листках чубушників відіграють важливу роль у диференціальному поглинанні та трансформації енергії світла, що оптимізує роботу фотосинтетичної системи за різних режимів освітленості рослин.*

**Ключові слова:** *Чубушник, пігменти, хлорофіл a і b, каротиноїди, адаптація, освітлення*

Важливою складовою підвищення естетичного вигляду і стійкості насаджень в умовах міських екосистем є збагачення фітоценозів новими видами рослин. У цьому аспекті сучасна стратегія інтродукції деревних рослин спрямована на впровадження у зелене будівництво нових високодекоративних культиварів, особливо кущів, які значно покращують і оптимізують стан насаджень, утворюючи середній та нижній яруси. В озелененні м. Києва перспективними видами кущових рослин є представники роду *Philadelphus* L. Інформативним фізіологічним показником успішності інтродукції, акліматизації та стійкості чубушників проти стресових чинників довкілля в

\* Науковий керівник – доктор сільськогосподарських наук, професор С.Б. Ковалевський

певному регіоні є стан їх асиміляційного апарату, який також характеризується вмістом, складом та індексом співвідношення фотосинтетичних пігментів у листках рослин [1, 2].

**Мета дослідження** – вивчити особливості пігментного складу листків представників роду *Philadelphus* L. в умовах м. Києва.

**Матеріал та методика дослідження.** Об'єктами досліджень були представники роду *Philadelphus* L.: *Ph. coronarius* L., *Ph. coronarius* 'Nana' Mill., *Ph. lemoinei* 'Avalanche', *Ph. l.* 'Albatre', *Ph. l.* 'Innocence' та *Ph. l.* 'Manteau d'Hermine'.

Дослідження проводили упродовж 2013–2014 рр. на базі проблемної науково-дослідної лабораторії фітовірусології та біотехнології НУБіП України. Зразки листків чубушників відбирали у вуличних композиціях, розсаднику кафедри «Лісовідновлення та лісорозведення» і ботанічному саду НУБіП України та НБС ім. М. М. Гришка НАН України. Назви досліджуваних таксонів подані за G. Krussman із урахуванням сучасних номенклатурних зведень [5, 6].

Вміст фотосинтетичних пігментів у листках представників роду *Philadelphus* L. визначали за загальноприйнятою методикою на спектрофотометрі Optizen POP (Південна Корея), вміст хлорофілу (Хл) *a* і Хл *b* у рослинах – за довжинами хвиль 644 і 662 нм, каротиноїдів (*k*) – 440 і 644 нм – їх екстрагували ацетоном. Концентрацію (*C*) пігментів перераховували у мг на г сирої маси листків за формулами [4]:

$$C_a = 9,78 \times D_{662} - 0,99 \times D_{644}$$

$$C_b = 21,43 \times D_{644} - 4,65 \times D_{662}$$

$$C_a + C_b = 5,13 \times D_{662} + 20,44 \times D_{644}$$

$$C_k = 4,7 \times D_{440} - (1,38 \times D_{662} + 5,48 \times D_{644})$$

де:  $C_a$  – концентрація Хл *a*,  $C_b$  – концентрація Хл *b*,  $C_k$  – концентрація каротиноїдів,  $D_{440}$  – оптична щільність суміші за довжини хвилі 440 нм,  $D_{662}$  – оптична густина екстракту за довжини хвилі 662 нм,  $D_{644}$  – оптична густина екстракту за довжини хвилі 644 нм.

Автофлуоресценцію метаболітів у клітинах і тканинах листків вивчали на мікроскопі Axio Scope A-1 Carl Zeiss. Фотодокументацію матеріалів здійснювали за допомогою комп'ютерної програми Camera Control Pro-2. Інтенсивність флуоресценції тканин аналізували за допомогою спеціалізованих програм Image Pro-Premier 9.1 и AxioVision 4.6. Статистичну обробку одержаних результатів проводили використовуючи пакет аналізу *MS Excel* 2007.

**Результати досліджень.** Під час вивчення вмісту хлорофілів і каротиноїдів у листках досліджуваних чубушників та розрахунку індексів співвідношення виявлено сортоспецифічну та екологічну залежність цих показників від умов місцезростання рослин. Для екстрактів листків представників роду *Philadelphus* L. максимальне поглинання світла в ацетоні було у спектральних частотах, характерних для хлорофілів (нм): 665, 615, 535, 435 (рис. 1).

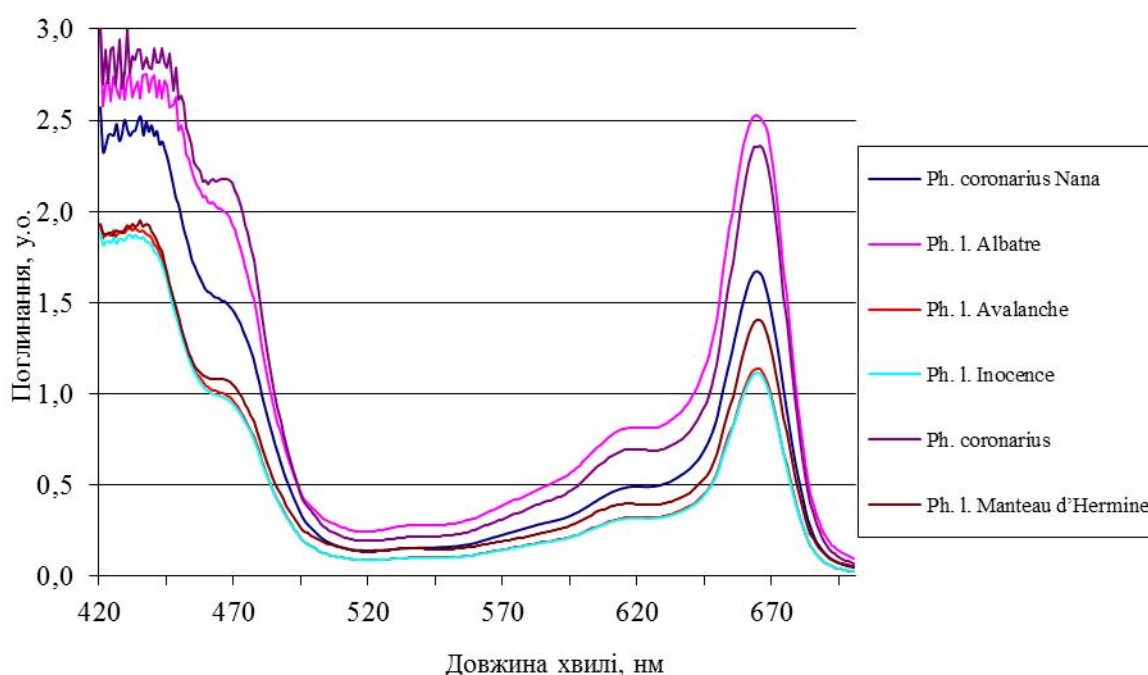


Рис. 1. Спектри поглинання екстрактів листків представників роду *Philadelphus* L. (в ацетоні)

З'ясовано, що вміст Хл *a* був найвищим у *Ph. l. 'Albatre'* ( $2,33 \pm 0,07$  мг/г), листки якого вирізняються природним насиченим темно-зеленим кольором, що є його сортовою специфічністю (рис. 2 б).

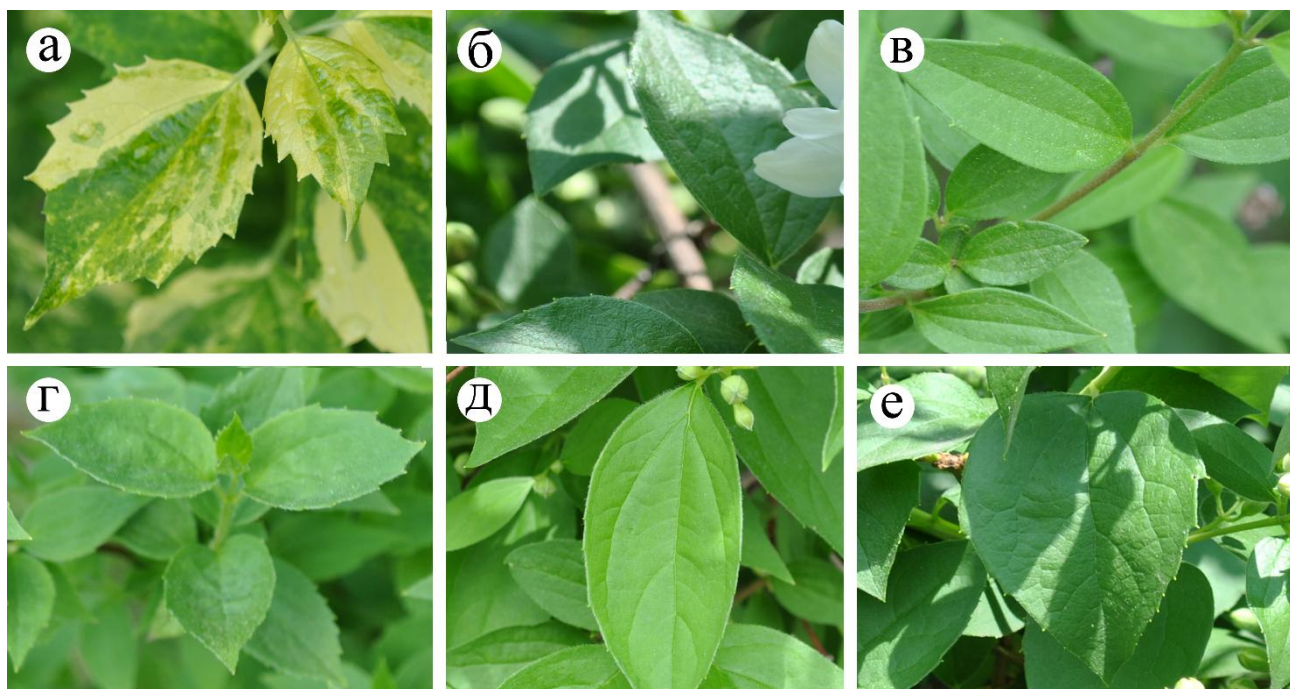


Рис. 2. Забарвлення листків представників роду *Philadelphus* L.: а – *Ph. l. 'Innocence'*, б – *Ph. l. 'Albatre'*, в – *Ph. l. 'Avalanche'*, г – *Ph. coronarius 'Nana'*, д – *Ph. coronarius* L., е – *Ph. l. 'Manteau d'Hermine'*.

Високий вміст Хл *a* ( $2,17 \pm 0,10$  мг/г) у *Ph. coronarius* (рис. 2 д), на нашу думку, пояснюється високим показником адаптаційного потенціалу дослідних рослин, який забезпечується ефективною роботою фотосинтетичного апарату асиміляційних органів. У культивара *Ph. l. 'Innocence'* з пістрявим забарвленням листків цей показник був найнижчим і становив  $0,94 \pm 0,09$  мг/г (рис. 2 а). У інших представників роду *Philadelphus* L. рівень Хл *a* варіював у межах 1,05–1,54 мг/г.

Аналогічна тенденція була виявлена і для Хл *b*. Найвищий вміст пігменту виявлений у *Ph. l. 'Albatre'* ( $1,23 \pm 0,04$  мг/г), найнижчий – у *Ph. l. 'Innocence'* ( $0,39 \pm 0,04$  мг/г). У цілому, найконтрастніша різниця в загальному вмісті зелених пігментів (Хл *a* + Хл *b*) була виявлена у *Ph. l. 'Albatre'* і *Ph. l. 'Innocence'*, яка становила відповідно  $3,56 \pm 0,12$  мг/г і  $1,33 \pm 0,08$  мг/г. У листках

інших представників роду *Philadelphus* L. сума пігментів варіювала в межах 1,48–2,23 мг/г. Порівняно високий показник суми хлорофілів виявлено у *Ph. coronarius* (3,05±0,09 мг/г) (таблиця).

### Вміст та співвідношення пігментів у листках представників роду

#### *Philadelphus* L.

Рослини	Хлорофіл, мг/г				Каротиноїди, мг/г	Хл. a+b каротиноїди
	a	b	a+b	a/b		
<i>Ph. coronarius</i>	2,17 ±0,10	0,89 ±0,06	3,05 ±0,09	2,44	0,54 ±0,04	5,65
<i>Ph. coronarius</i> 'Nana'	1,54 ±0,03	0,69 ±0,06	2,23 ±0,03	2,23	0,54 ±0,09	4,13
<i>Ph. l.</i> 'Albatre'	2,33 ±0,07	1,23 ±0,04	3,56 ±0,12	1,89	0,33 ±0,03	10,82
<i>Ph. l.</i> 'Avalanche'	1,05 ±0,09	0,43 ±0,03	1,48 ±0,09	2,44	0,46 ±0,01	3,22
<i>Ph. l.</i> 'Innocence'	0,94 ±0,09	0,39 ±0,04	1,33 ±0,08	2,41	0,44 ±0,03	3,02
<i>Ph. l.</i> 'Manteau d'Hermine'	1,28 ±0,07	0,50 ±0,06	1,78 ±0,11	2,56	0,40 ±0,06	4,45

Співвідношення вмісту зелених пігментів (Хл *a*/Хл *b*) було найменшим у *Ph. l.* 'Albatre' (1,89) і найбільшим *Ph. l.* 'Manteau d'Hermine' (2,56), що може характеризувати досліджуваних представників роду *Philadelphus* L., як відносно тіньовитривалі. Водночас відомо, що кущі чубушника є рослинами другого ярусу, тому це співвідношення вказує на значну присутність світлозбирального Хл *b*, що є допоміжним пігментом, який інтенсивно синтезується за умов недостатнього освітлення.

Вміст каротиноїдів у листках досліджуваних рослин, варіював у межах 0,33–0,54 мг/г. Вважається, що каротиноїди мають високу антиоксидантну активність та запобігають фоторуйнації пігментного комплексу, акумулюючи частину світлової енергії [3]. Високий вміст каротиноїдів і водночас найбільша сума Хл (*a+b*) у *Ph. l.* 'Albatre' у результаті розрахункового співвідношення має найвищий показник 10,82, що поряд з іншими ознаками, очевидно, вказує на високу потенційну тіньовитривалість і дозволяє рекомендувати цей

культивар для озеленення в умовах затінених насаджень. У інших культуварів співвідношення вмісту хлорофілів і каротиноїдів змінюється від 3,02 до 5,65, що характеризує їх, як рослини, більш адаптовані для широкого діапазону рівня освітлення.

Фотосинтетичні і більшість допоміжних пігментів листків характеризуються високою оптичною активністю, що дозволяє вивчати особливості їх синтезу, центрів локалізації та швидкість трансформації під впливом зовнішніх та внутрішніх факторів. За результатами наших досліджень було встановлено, що в мезофілі листків найінтенсивнішу флуоресценцію виявляють хлорофіли (640–690 нм) (рис. 3 д).

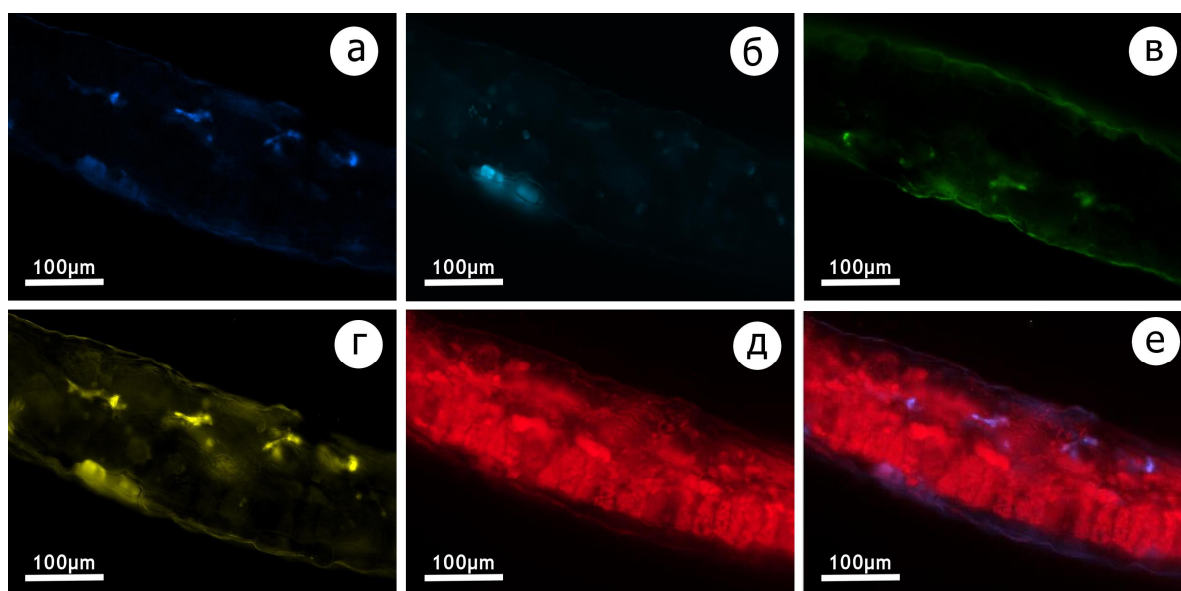


Рис. 3. Автофлуоресценція тканин листків *Philadelphus coronarius* L. у різних спектрах емісії: а – 420–470 нм; б – 450–500 нм; в – 520–550 нм; г – 546–575 нм; д – 640–690 нм; е – комбіноване зображення за 420–470 та 640–690 нм

Високий рівень автофлуоресценції виявляли і вторинні метаболіти фенольної природи (фенолкарбонові кислоти і кумарини), для яких характерна флуоресценція у синьому спектрі. Фенольні сполуки зосереджені у клітинах верхнього і нижнього епідермісів (420–470 нм), а також у губчастій паренхімі, де розташовані клітини провідних пучків (рис. 3 а). Значну оптичну активність у зеленому спектрі виявляли кутикула та метаболіти, що зосереджені у

стовпчастій паренхімі (рис. 3 в). Аналіз автофлуоресценції тканин листкової пластинки на поперечному зрізі показав, що листки чубушника (*Ph. coronarius*) є системою зі складними оптичними характеристиками (рис. 4).

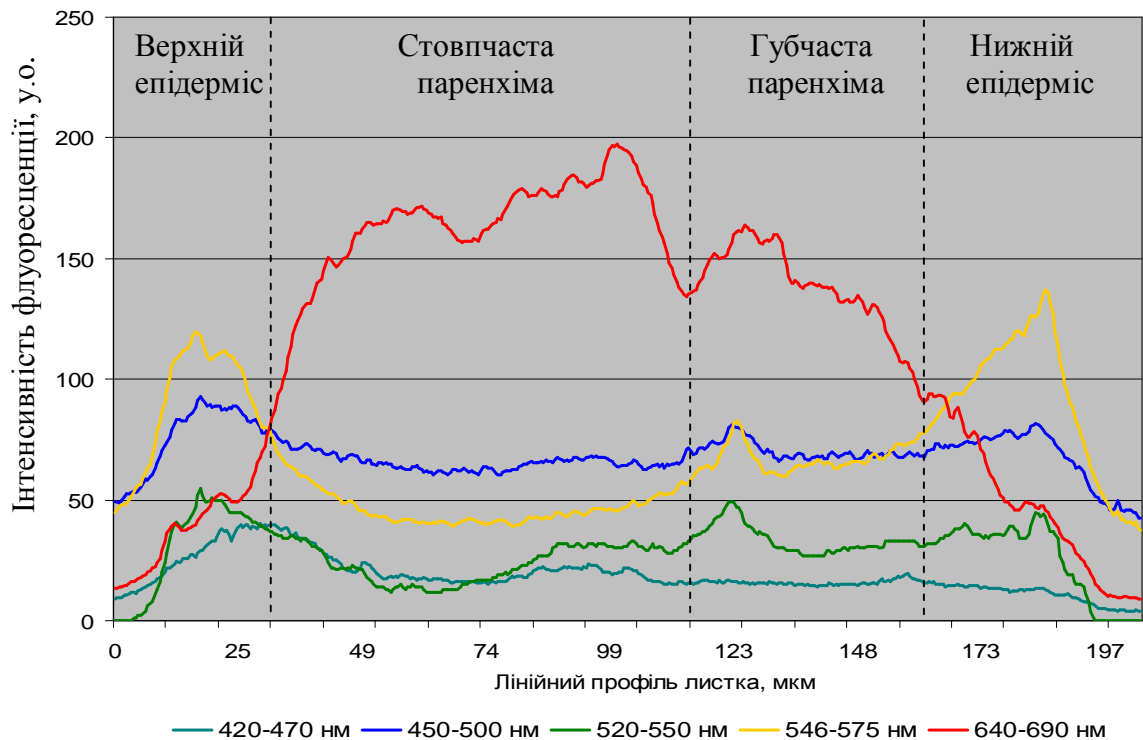


Рис. 4. Автофлуоресценція тканин на поперечному розрізі листкової пластинки *Philadelphus coronarius* L.

Слід відзначити, що за загальними показниками флуоресценції хлорофіли лише у 1,7 раза перевищують емісію інших оптично активних сполук у жовтому і синьому спектрах. При цьому виявляється тканнна специфічність у розподілі метаболітів. Світіння клітин у верхньому та нижньому епідермісах у жовтому спектрі у 2,0–2,5 раза вища за світіння у червоному. Збудження сполук, які містяться в клітинах епідермісу спричиняє високоенергетичне випромінювання в ультрафіолетовому і синьому спектрах. Це захищає чутливі фотосинтетичні пігменти від надмірних потоків світла. Враховуючи значний вклад оптично активних сполук у розподіл і диференціальне поглинання енергії світла очевидним є потреба у дослідженні їх впливу на стійкість рослин проти стресових чинників, тіншовитривалість та продуктивність фотосинтетичного апарату, які характеризують адаптаційний потенціал рослин.

## Висновки

У процесі дослідження стану фотосинтетичного апарату і оптично активних сполук було виявлено досить високу концентрацію каротиноїдів у листках чубушників (0,33–0,54 мг/г). Найвищий загальний вміст зелених пігментів (Хл а+b) визначено у чубушників *Ph. l. 'Albatre'* (3,56 мг/г) і *Ph. coronarius* (3,05мг/г) .

Виявлено значне варіювання співвідношення вмісту хлорофілів і каротиноїдів у листках досліджуваних представників роду *Philadelphus* L. (3,03–10,88) характеризує їх як рослини, що адаптовані до широкого діапазону рівня освітлення.

Каротиноїди та інші оптично активні сполуки у листках чубушників відіграють важливу роль у диференціальному поглинанні та трансформації енергії світла, що оптимізує роботу фотосинтетичної системи за різних режимів освітленості рослин.

## Список літератури

1. Злобин Ю. А. Популяционная экология растений: современное состояние, точки роста: монография / Ю. А. Злобин. – Сумы : Университетская книга, 2009. – 263 с.
2. Мисяк Р. І. Активність фотосинтетична пігментів чагарників за умов різної інсоляції / Р. І. Мисяк // Науковий вісник НЛТУ України. – 2011. – Вип. 21.16. – С. 319–323.
3. Полевой В. В. Физиология растений: [учеб. для биол. спец. вузов] / В. В. Полевой. – М. : Высшая школа, 1989. – 464 с.
4. Починок Х. Н. Методы биохимического анализа растений / Х. Н. Починок. – К. : Наукова думка, 1976. – 336 с.
5. Черепанов С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР) / С. К. Черепанов. – СПб. : Мир и семья, 1995. – 990 с.



6. Mosyakin S. L. Vascular plants of Ukraine a nomenclatural checklist / S. L. Mosyakin, M. M. Fedoronchuk. – Kiev: M.G. Kholodny Institute of Botany, 1999. – 346 p.

## СОДЕРЖАНИЕ И СООТНОШЕНИЕ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИХ ПИГМЕНТОВ В ЛИСТЬЯХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА *PHILADELPHUS* L. НАСАЖДЕНИЙ Г. КИЕВА

С.Н. КОСТЕНКО, А.Ф. ЛИХАНОВ, С.Б. КОВАЛЕВСКИЙ

*В листьях чубушника обнаружена высокая концентрация каротиноидов (0,33–0,54 мг/г). Найвысшее общее содержание зеленых пигментов (Хл а + b) обнаружено в чубушнике *Philadelphus lemoinei* 'Albatre' (3,56 мг/г) и *Ph. coronarius* L. (3,05 мг/г). Установлено, что значительное варьирование соотношения содержания хлорофиллов к каротиноидам в листьях исследуемых представителей рода *Philadelphus* L. (3,03–10,88) характеризует их, как растения, адаптированные к широкому диапазону уровня освещенности. Показано, что каротиноиды и другие оптически активные соединения в листьях чубушника играют важную роль в дифференциальном поглощении и трансформации энергии света, оптимизируя работу фотосинтетической системы при различных режимах освещенности растений.*

**Ключевые слова:** Чубушник, пигменты, хлорофилл а и b, каротиноиды, адаптация, освещение

## CONTENTS AND CORRELATION OF PHOTOSYNTHETIC PIGMENTS IN LEAVES OF REPRESENTATIVE OF THE GENUS *PHILADELPHUS* L. IN PLANTATION OF KYIV CITY

S. KOSTENKO, A. LIKHANOV, S.KOVALEVSKY

*In leaves mock orange found a high concentration of carotenoids (0,33-0,54 mg/g). The highest total content of green pigments (Chl a + b) is defined in mock orange *Philadelphus lemoinei* 'Albatre' (3,56 mg/g) and *Ph. coronarius* L. (3,05 mg/g). Established that considerable variation relation carotenoids to chlorophyll in leaves studied the genus *Philadelphus* L. (3,03-10,88) characterizes them as plants adapted to a wide range of lighting conditions. Determined that carotenoids and other optically active compounds in leaves of mock orange play an important role in differential absorption and transformation of light energy that optimizes the photosynthetic system under different illumination modes plants.*

**Keywords:** *Philadelphus*, pigments, chlorophyll a and b, carotenoids, adaptation, lighting