УДК 581.2 https://doi.org/10.7124/FEEO.v39.1844

ЮСИПІВА Т. І.

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара,
Україна, 49130, м. Дніпро, пр. Науки, 72, JusypivaTatjana@.gmail.com

ДИНАМІКА ВМІСТУ ХЛОРОФІЛУ У ЛИСТКАХ ПРЕДСТАВНИКІВ РОДУ *TILIA* L. ЗА ДІЇ ТЕХНОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ У М. ДНІПРІ

Мета. Проаналізувати сезонну динаміку вмісту хлорофілу в листках представників роду *Tilia* L. за дії полікомпонентного забруднення середовища в умовах м. Дніпро. ***Методи.*** Концентрацію хлорофілу визначали в ацетоновій витяжці листків на спектрофотометрі СФ-2000 за довжини хвиль 662 і 644 нм у трикратній повторності. Розрахунки проводили за формулою Веттштейна. Результати оброблені статистично. ***Результати.*** За дії антропогенного навантаження сезонна динаміка вмісту суми хлорофілів ($a + b$) в асиміляційних органах досліджених деревних порід в цілому повторює зміни вмісту зелених пігментів у рослин контрольної ділянки, але їх кількість знижується відносно контролю, істотніше у *Tilia cordata* Mill.. Полікомпонентне забруднення середовища призводить до зменшення концентрації окремих форм зелених пігментів у листках *Tilia europaea* L. та *T. cordata*, причому більшою мірою – хлорофілу *a*. ***Висновки***. Техногенне забруднення довкілля викидами промислових підприємств та автотранспорту призводить до змін сезонної динаміки зелених пігментів у листках представників роду *Tilia*. За сукупністю показників вмісту суми хлорофілів ($a + b$), окремих форм хлорофілу та співвідношення хлорофілів $a : b$ досліджені види у порядку збільшення їх чутливості до техногенного навантаження середовища можна розташувати таким чином: *T. amurensis* > *T. europaea* > *T. cordata*.

Ключові слова: хлорофіли *a* і *b*, стійкість до забруднення середовища, *Tilia amurensis* L., *Tilia europaea* L., *Tilia cordata* Mill.

Фотосинтезувальні пігменти – ключові сполуки вуглецевого живлення рослин. Хлорофіл *a* – основний компонент фотосинтетичних одиниць (ФСО) хлоропластів, який безпосередньо передає енергію квантів світла від пігментів світлозбиральних комплексів (СЗК) в реакційні центри (РЦ) фотосистем (ФС). Хлорофіл *b* посилює поглинання квантів світла і спрямовує їх через СЗК до хлорофілу *a* РЦ ФС, через що його називають допоміжним пігментом фотосинтезу. Виконуючи цю функцію, хлорофіл *b* забезпечує ефективне передавання енергії у ФСО. Пігмент має інші максимуми поглинання у спектрі сонячного світла, ніж хлорофіл *a*, що дає зеленим рослинам можливість пристосуватися до умов слабкого освітлення і може бути преадаптацією до існування в умовах смогу, що є доволі частим явищем в урбоекосистемах. Hoober et al. (2026) наголошують на тому, що основна функція хлорофілу *b* полягає в утриманні світлозбиральних хлорофіл-зв'язувальних білків, гени яких локалізовані в ядерному геномі, у мембранах тилакоїдів та подальшій стабілізації СЗК у хлоропластах.

Зниження інтенсивності фотосинтезу, яке має місце в умовах забруднення середовища, може бути основною причиною зменшення продуктивності рослин і пригнічення швидкості накопичення їх біомаси. Bessonova et al. (2020) зазначають, що характер змін концентрації хлорофілів ($a + b$) певною мірою визначає ступінь резистентності виду до техногенного забруднення. Зважаючи на те, що від кількості пластидних пігментів в асиміляційних органах залежить рівень функціональної активності фотосистем, зниження вмісту суми хлорофілів ($a + b$) може негативно позначитися на здатності деревних рослин до фотоасиміляції (Pascal et al., 2005), і відповідно, до порушень у метаболізмі й накопиченні продуктів фотосинтезу, а в підсумку – і до зменшення стійкості деревних порід до стресових умов зростання в урбоекосистемах. Відтак, важливо з'ясувати які деревні породи краще адаптовані до умов міського середовища і можуть підтримувати процеси фотоасиміляції на високому рівні, що є необхідним для підбору асортименту для створення стійких до техногенних впливів зелених зон у міських екосистемах.

© 2026 Юсипіва Т. І. This work is licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

Мета роботи – проаналізувати сезонну динаміку вмісту хлорофілу в листках представників роду *Tilia* L. за дії полікомпонентного забруднення середовища в умовах м. Дніпро.

Матеріали і методи

Об'єкти дослідження – листки представників роду *Tilia*: аборигенного виду – липи серцелистої, або дрібнолистої (*Tilia cordata* Mill.) та інтродуцентів – липи амурської (*Tilia amurensis* L.) і липи європейської (*Tilia europaea* L.). Матеріал збирали з травня по вересень на двох пробних ділянках. Умовно чиста зона – територія ботанічного саду Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара, де концентрації забруднювачів не перевищують ГДК. Дослідна ділянка – зелена захисна зона біля Слобожанського проспекту, до якої прилягає низка заводів, що спричиняють негативну дію на навколишнє середовище, зокрема ПАТ «Інтерпайп Нижньодніпровський трубопрокатний завод». Хоча на даний момент підприємство не працює, проте інтенсивна його робота протягом десятиріч зумовила забруднення навколишнього середовища токсичними сполуками, які входили до складу промислових викидів (SO_2, NO_2, важкі метали: залізо, манган, цинк, ртуть, хром). За нашими підрахунками середня інтенсивність руху автотранспорту в моніторинговій точці складає 2017 шт. / год.

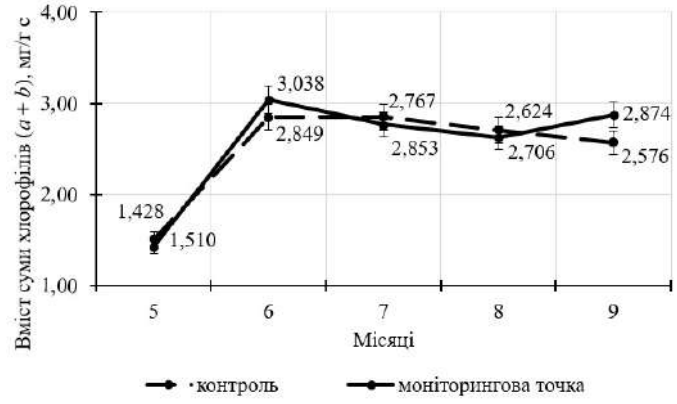
Інтенсивність руху автотранспорту визначали за методикою (Potichuk and Pilipaka, 2013). Проби листя відбирали з модельних дерев одної вікової категорії з південно-східної частини крони на висоті 2 м від поверхні ґрунту. Концентрацію хлорофілу визначали в ацетоновій витяжці листків на спектрофотометрі СФ-2000 за довжини хвиль 662 і 644 нм, у трикратній повторності. Розрахунки проводили за формулами Веттштейна (Bessonova, 2006). Результати оброблені статистично у програмі Excell.

Результати та обговорення

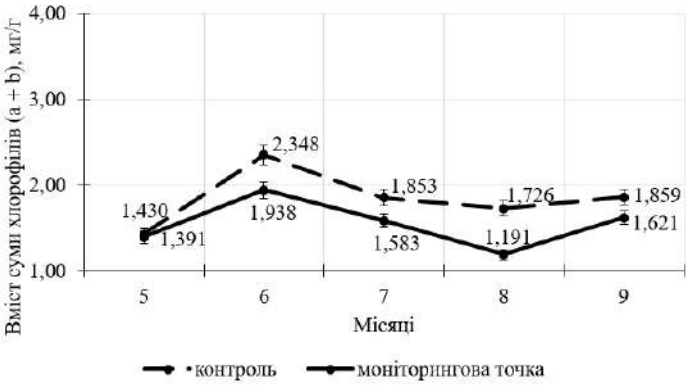
Аналіз отриманих нами даних свідчить про те, що в умовах чистої зони вміст зелених пігментів у листках представників роду *Tilia* коливається залежно від виду в межах від 1,43–1,51 мг/г сирої ваги на початку вегетації до 1,86–3,22 мг/г в осінні місяці, а його динаміка впродовж вегетаційного періоду відповідає сезонним змінам концентрації хлорофілу, яка характерна для рослин природних біогеоценозів за відсутності дії несприятливих чинників середовища, а саме: на початку вегетації зростає, сягає максимуму влітку і поступово знижується восени (рис. 1). При цьому найвища концентрація суми хлорофілів (*a* + *b*) у *T. amurensis* та *T. cordata* зафіксована нами у червні, а у *T. europaea* – у липні-серпні.

За дії антропогенного навантаження сезонна динаміка показника в асиміляційних органах досліджених деревних порід в цілому повторює зміни вмісту зелених пігментів у рослин контрольної ділянки, але сумарна кількість хлорофілів *a* і *b* знижується відносно контрольних значень. Найбільші зміни спостерігаються у листках *T. cordata* (рис. 1б), у якої вміст суми хлорофілів (*a* + *b*) зменшується порівняно зі значеннями показників контрольних рослин на 12,8–31,0% залежно від дати відбору проб, причому найсуттєвіше – у серпні (на 31,0%). Найменші відмінності у значеннях досліджуваного параметра рослин забрудненої і умовно чистої зони виявлені у виду *T. amurensis*: за дії полікомпонентного забруднення середовища концентрації зелених пігментів у листках практично не відрізняються від контрольних значень показника протягом травня – серпня і лише у вересні вміст суми хлорофілів (*a* + *b*) зростає відносно контролю на 11,6% (рис. 1а). Реакція рослин *T. europaea* на техногенні умови зростання неоднозначна: на початку та наприкінці вегетації кількість хлорофілів в асиміляційних органах рослин цього виду перевищує значення показника у рослин умовно чистої зони, а в літні місяці знижується на 12,6–25,3% (рис. 1в).

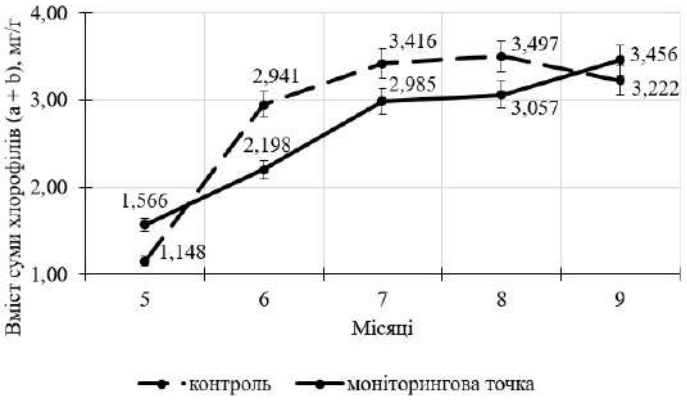
Отримані нами результати узгоджуються з літературними даними. Так, Polishchuk et al. (2023) відзначають зниження в 1,2–1,5 рази загальної концентрації хлорофілу у рослин *T. cordata*, що зростають у вуличних насадженнях м. Львова з високим рівнем забруднення від викидів автотранспорту та залізниці. Виявлено істотне зменшення вмісту суми хлорофілів (*a* + *b*) у рослин *Quercus robur* L. (Bessonova et al., 2025), *Aesculus hippocastanum* L., *Pinus pallasiana* (D. Don) та *Picea abies* (L.) H. Karst. у придорожніх насадженнях м. Дніпро, причому автори відзначають наявність кореляційного зв'язку між рівнями забруднення міського середовища та ступенем падіння концентрації зелених пігментів у листках цих деревних порід (Bessonova et al., 2020).



А



Б



В

Рис. 1. Вплив антропогенного навантаження на динаміку суми хлорофілів (*a* + *b*) у листках представників роду *Tilia*, мг/г сирої ваги: А – *T. amurensis*, Б – *T. cordata*, В – *T. europaea,* 5 – травень, 6 – червень, 7 – липень, 8 – серпень, 9 – вересень.

Як видно з табл., негативного впливу антропогенного забруднення зазнає вміст обох форм зелених пігментів. Встановлено, що в умовах ботанічного саду ДНУ сезонна динаміка концентрації основного пігменту фотосинтезу – хлорофілу *a* – повторює динаміку вмісту суми хлорофілів (*a* + *b*) у всіх досліджених нами представників роду *Tilia*. Подібні криві змін концентрації даного пігменту протягом періоду дослідження спостерігаються в асиміляційних органах вивчених видів і за дії полікомпонентного забруднення довкілля. Серед трьох видів лип лише у *T. amurensis* вміст хлорофілу *a* в листках дерев техногенної ділянки не змінюється порівняно з величинами цього показника у рослин умовно чистої зони, хоча наприкінці вегетації має місце підвищення концентрації основного пігменту фотосинтезу відносно контролю (табл.). Щодо

T. cordata та *T. europaea*, для рослин обох деревних порід забрудненої зони концентрація хлорофілу *a* знижується порівняно з контрольними значеннями показника, причому найістотніше – у *T. cordata* (на 12,7–21,8% залежно від дати відбору проб). Слід зазначити, що підтримання на рівні контрольних величин концентрації хлорофілу *a* в асиміляційних органах рослин *T. amurensis* за умов техногенного навантаження може свідчити про стійкість фотосинтетичного апарату до забрудників середовища та стабільність процесів фотоасиміляції у дерев цього виду в міських екосистемах.

Дослідження сезонної динаміки хлорофілу *b* у представників роду *Tilia* виявило поступове збільшення вмісту цього пігменту протягом вегетаційного періоду в листках *T. amurensis* та *T. europaea*, що зростають в умовах як чистої, так і забрудненої зон (табл.). Подібні сезонні зміни концентрації хлорофілу *b* спостерігаються і у дерев *T. cordata*, проте у липні цей показник у листках рослин ботанічного саду ДНУ дещо зменшується відносно червневого значення. За дії антропогенного навантаження крива динаміки вмісту хлорофілу *b* в асиміляційних органах цього виду має дещо інший вигляд, оскільки, починаючи з липня, кількість пігменту в них знижується.

Як видно з табл., за дії фітотоксикантів протягом усього вегетаційного періоду відбувається зменшення концентрації хлорофілу *b* у *T. cordata*, в листках якої кількість цієї форми хлорофілу знижується порівняно зі значеннями показника рослин умовно чистої зони: у травні – серпні на 9,2–19,2%, у вересні – на 69,2%. Відзначаємо зменшення концентрації хлорофілу *b* для *T. europaea* у червні, липні й серпні на 25,5, 14,7 і 9,3% відповідно та його підвищення у травні й вересні на 43,6 і 27,5% порівняно з контролем. Аналіз даних кількості пігменту в листках *T. amurensis* не виявив суттєвих змін між значеннями показника у рослин умовно чистої та забрудненої ділянок (відмінності між контрольними та дослідними варіантами не достовірні за $P < 0,05$).

Згідно з літературними даними, залежно від умов середовища та фізіологічного стану рослин, вміст хлорофілу *b* у листках деревних порід може суттєво різнитися. Так, показано зниження кількості окисненої форми хлорофілу в асиміляційних органах *Betula pendula* Roth., *Robinia pseudoacacia* L. та *Salix alba* L., які зростають на території, прилеглій до трубопрокатного заводу (Iusypiva and Vegerich, 2014). Bessonova et al. (2025) встановили, що в умовах урботехногенного середовища вміст хлорофілу *b* в листках рослин *Q. robur* знижується меншою мірою, ніж хлорофілу *a*.

Таблиця. Вплив антропогенного навантаження на динаміку хлорофілів *a* та *b* у листках представників роду *Tilia*, (X + m, n = 3), мг/г сирої ваги

Місяць	Вміст хлорофілу *a*, мг/г		Вміст хлорофілу *b*, мг/г	
	Контроль	Моніторингова точка	Контроль	Моніторингова точка
		T. amurensis		
Травень	1,054 ± 0,004	1,044 ± 0,024	0,456 ± 0,020	0,384 ± 0,015
Червень	2,049 ± 0,011	2,221 ± 0,035*	0,800 ± 0,020	0,817 ± 0,085
Липень	2,056 ± 0,023	2,026 ± 0,006	0,797 ± 0,010	0,741 ± 0,011*
Серпень	2,016 ± 0,012	1,993 ± 0,016	0,690 ± 0,019	0,631 ± 0,023
Вересень	1,875 ± 0,054	2,095 ± 0,061	0,701 ± 0,017	0,779 ± 0,043
		T. cordata		
Травень	1,008 ± 0,059	1,040 ± 0,031	0,422 ± 0,008	0,351 ± 0,013*
Червень	1,732 ± 0,011	1,404 ± 0,132	0,616 ± 0,010	0,534 ± 0,059*
Липень	1,322 ± 0,012	1,154 ± 0,013*	0,531 ± 0,008	0,429 ± 0,012*
Серпень	1,160 ± 0,029	0,992 ± 0,018*	0,566 ± 0,003	0,199 ± 0,031*
Вересень	1,095 ± 0,020	0,857 ± 0,051*	0,764 ± 0,054	0,235 ± 0,004*
		T. europaea		
Травень	0,857 ± 0,023	1,148 ± 0,057*	0,291 ± 0,026	0,418 ± 0,015*
Червень	2,118 ± 0,035	1,579 ± 0,022*	0,823 ± 0,021	0,619 ± 0,007*
Липень	2,436 ± 0,006	2,149 ± 0,022*	0,980 ± 0,022	0,836 ± 0,018*
Серпень	2,352 ± 0,014	2,019 ± 0,040*	1,145 ± 0,030	1,038 ± 0,007*
Вересень	2,386 ± 0,032	2,400 ± 0,036	0,836 ± 0,052	1,066 ± 0,039*

Примітка. * – відмінності порівняно з контролем достовірні при $P<0,05$.

З літературних джерел відомо, що співвідношення хлорофілів *a : b* є чутливим маркером дії різноманітних стрес-факторів середовища на пігментну систему рослин (Bessonova and Grytsay, 2018; Suslova, 2022 та ін.). Аналіз рисунку 2 свідчить про те, що у досліджених видів лип навіть в умовах чистої зони цей показник протягом вегетації змінюється неоднозначно. Співвідношення хлорофілів *a : b* у листках дерев *T. amurensis* протягом всього періоду дослідження практично не змінювалося, а різниця між контрольними та дослідними величинами, крім червневих значень, не достовірна при рівні значущості $P < 0,05$ (рис. 2а). Сезонна динаміка показника рослин *T. europaea*, які зростають на забрудненій території, повторює таку у дерев ботанічного саду ДНУ: з червня по серпень поступово знижується, а у вересні – зростає, причому у дослідних рослин значення цього параметра знижується відносно контролю на 21,1% (рис. 2в). Найсуттєвіші зміни у співвідношенні зелених пігментів нами виявлено в асиміляційних органах *T. cordata*: характер кривих, що відображають сезонну динамку показника, відрізняються у рослин умовно чистої та забрудненої зон, до того ж у дерев моніторингової ділянки в серпні зареєстровано підвищення співвідношення хлорофілів *a : b* у 2,4 рази порівняно з контрольним значенням (рис. 2б).

Аналіз літературних даних свідчить про різну спрямованість змін співвідношення хлорофілу *a* до хлорофілу *b* в асиміляційних органах рослин за умов техногенного стресу (Bessonova et al., 2020; Bilchuk et al., 2021; Iusypiva, 2018; Suslova, 2022). Так, низкою авторів показано збільшення співвідношення хлорофілів *a : b* за дії антропогенних чинників середовища, зокрема, Suslova (2022) у *Juniperus media* Melle в різних категоріях міських насаджень, Iusypiva (2018) – у *Pinus sylvestris* L. за дії на рослини викидів ТЕС та трубопрокатного заводу. Bilchuk et al. (2021) виявили, що, не зважаючи на зменшення сумарної кількості зелених пігментів у *Q. robur*, відношення хлорофілу *a* до *b* у листках залишається практично незмінним навіть за дії високого концентрацій забрудників.

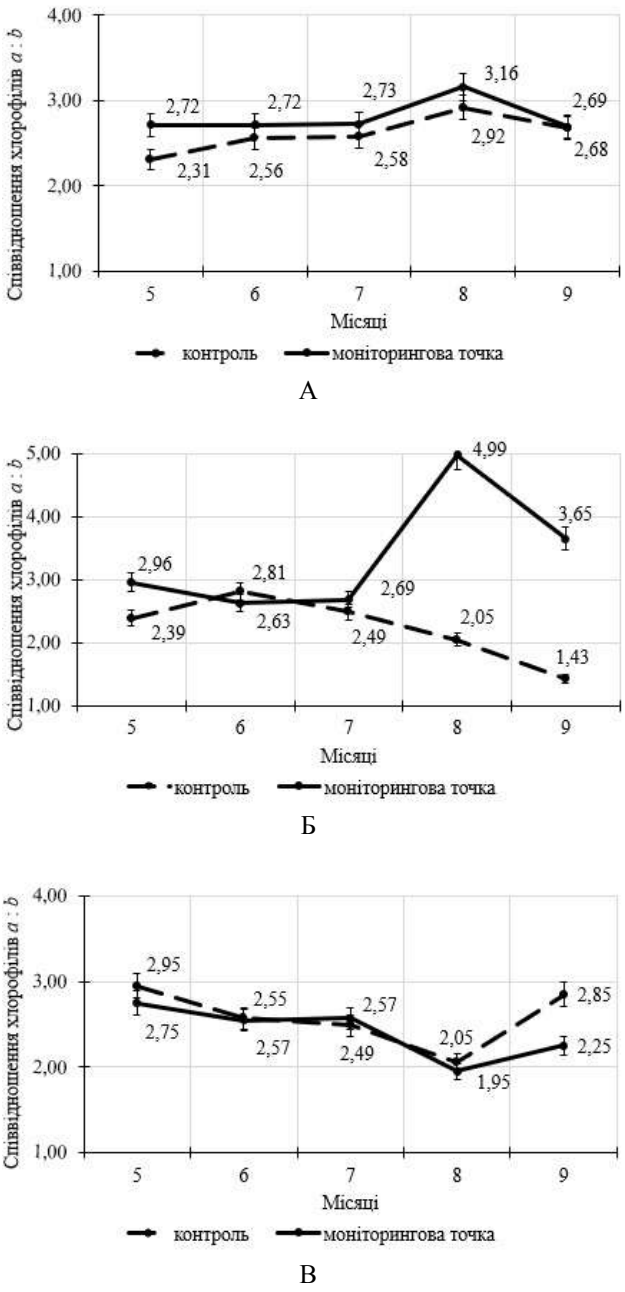


Рис. 2. Вплив антропогенного навантаження на динаміку співвідношення хлорофілів *a* : *b* у листках представників роду *Tilia*: А – *T. amurensis*, Б – *T. cordata*, В – *T. europaea*, 5 – травень, 6 – червень, 7 – липень, 8 – серпень, 9 – вересень.

Висновки

1. Техногенне забруднення довкілля призводить до змін сезонної динаміки зелених пігментів у представників роду *Tilia*. За сукупністю показників вмісту суми хлорофілів (*a* + *b*), окремих форм хлорофілу і співвідношення хлорофілів *a : b* досліджені види у порядку збільшення їх чутливості до техногенного тиску середовища можна розташувати таким чином: *T. amurensis* > *T. europaea* > *T. cordata*. 2. За дії антропогенного

забруднення сезонна динаміка вмісту суми хлорофілів ($a + b$) в асиміляційних органах вивчених деревних порід в цілому повторює зміни вмісту зелених пігментів у рослин умовно чистої зони, але сумарна кількість хлорофілів *a* і *b* знижується відносно контрольних значень у двох із трьох досліджених видів – *T. europaea* та *T. cordata*, причому більшою мірою – у останнього. 3. Полікомпонентне забруднення середовища призводить до зменшення концентрації окремих форм зелених пігментів у листках *T. europaea* та *T. cordata*, причому більшою мірою – хлорофілу *a*. 4. На основі отриманих результатів запропоновано використовувати *T. cordata* як тест-об'єкт для фітомоніторингу стану урбоекосистем та забруднення навколишнього середовища в умовах мегаполісу (інформативні тест-параметри: вміст суми хлорофілів ($a + b$) і концентрація хлорофілу *a*). 5. Запропоновано використовувати *T. amurensis* для створення стійких насаджень у зоні впливу на рослинність емісій промислових підприємств та автотранспорту.

Інформація про фінансову підтримку, подяки: відсутня.

Конфлікт інтересів: автор заявляє про відсутність конфлікту інтересів.

References

1. Bessonova V. P. Workshop on plant physiology. Dnipropetrovsk : RVV DDAU, 2006. 316 p.
2. Bessonova V. P., Chongova A. S., Sklyarenko A. V. Influence of multicomponent contamination on the content of photosynthetic pigments in the leaves of woody plants commonly planted for greening of cities. *Biosystems Diversity*. 2020. Vol. 28, № 2. P. 203– 208. https://doi.org/10.15421/012026.
3. Bessonova V., Grytsay Z. Content of plastid pigments in the needles of *Pinus pallasiana* D. Don in different forest growth conditions of anti-erosion planting. *Ekológia (Bratislava)*. 2018. Vol. 37, № 4. P. 338–344. https://doi.org/10.2478/eko-2018-0025.
4. Bessonova V. P., Yakovlieva-Nosar S. O, Ivanchenko O. E. The state of road planting of *Quercus robur* L. under urban technological conditions in the city of Dnipro. *Issues of steppe forestry and forest reclamation of soils*. 2025. Vol. 54. P. 3–16. https://doi.org/10.15421/442501 [in Ukrainian]
5. Bilchuk V., Khmelnykova L., Slesarchuk V. The influence of technogenic pollution on the content of photosynthetic pigments in the leaves of woody plants. In: Traditional medicine and pharmacology. Achievements, innovations, and alternatives: collective monograph Gryshchenko V., etc. International Science Group. Boston : Primedia eLaunch, 2021. 327 p. Retrieved from: https://isg-konf.com/wp-content/uploads/2021/06/Monograph-USA-Medicine-2021-II-isg-konf.pdf
6. Hoober J. K., Eggink L. L., Bednarik D. P., Reinbothe S. Synthesis of chlorophyll b: a retrospective analysis of chlorophyllide a oxygenase. *Photosynthesis Research*. 2026. Vol. 164 (2). 16. https://doi.org/10.1007/s11120-026-01207-3.
7. Iusypiva T. Green pigment content in needles of *Pinus sylvestris* and *Picea pungens* under technogenic conditions of the city of Dnipro. *Scientific issues Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University. Series: Biology*. 2018. Vol. 73. № 2. P. 188–191. Retrieved from: http://dspace.tnpu.edu.ua/bitstream/123456789/9847/1/Iusypiva.pdf [in Ukrainian]
8. Iusypiva T., Vegerich V. Dynamics of photosynthetic pigments content in woody plants leaves under technogenic growth conditions. *Visnyk of the Lviv University. Series Biology*. 2014. Is. 65. P. 189–196. Retrieved from: https://publications.lnu.edu.ua/bulletins/index.php/biology/article/view/5685 [in Ukrainian]
9. Pascal A., Liu Z., Broess K., Oort B., Amerongen H., Wang Ch., Horton P., Robert B., Chang W., Ruban A. Molecular basis of photoprotection and control of photosynthetic light-harvesting. *Nature.* 2005. Vol. 436. P. 134–137. https://doi.org/10.1038/nature03795.
10. Polishchuk A. I., Zhigal N. B., Antonyak H. L. Dynamics of chlorophyl concentration in the leaves of woody plants in the territory of the city of Lviv. *Acta Carpathica*. 2023. Vol. 28, № 1. P. 34–44. https://doi.org/10.32782/2450-8640.2023.1.4. [in Ukrainian]
11. Potichuk O. V., Pilipaka O. V. Guidelines for the implementation of the calculation and graphic work on the topic "Traffic characteristics and parameters of traffic flows" in the discipline "Monitoring traffic flows". Rivne : NUPGP, 2013. [in Ukrainian]
12. Suslova O. Dynamic pattern of photosynthetic pigment content of the assimilation apparatus in *Juniperus media* Melle 'Mint Julep' found in city green spaces of the Ukrainian steppe. *Environmental Sciences*. 2022. Vol. 43, № 2. P. 158–162. https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.4-43.26.

YUSYPIVA T.
Oles Honchar Dnipro National University,
Ukraine, 49045, Dnipro, Nauky Ave., 72

DYNAMICS OF CHLOROPHYL CONTENT IN LEAVES OF REPRESENTATIVES OF THE GENUS *TILIA* L. UNDER THE ACTION OF TECHNOGENIC LOAD IN THE CITY OF DNIPRO

Aim. To analyse the seasonal dynamics of chlorophyll content in leaves of representatives of the genus *Tilia* L. under the action of polycomponent environmental pollution in the conditions of the city of Dnipro. ***Methods.*** The concentration of chlorophyll was determined in acetone extract of leaves on a spectrophotometer SF-2000 at wavelengths of 662 and 644 nm in three-fold repetition. Calculations were done using the Wettstein formula. The results were statistically processed. ***Results.*** Under the action of anthropogenic load, the seasonal dynamics of the content of the sum of chlorophylls ($a + b$)

in the assimilation organs of the studied tree species generally repeats the change in the content of green pigments in the plant control area, but their number decreases in comparison to the reference numbers, more significantly in *Tilia cordata* Mill. Polycomponent environmental pollution leads to a decrease in the concentration of individual forms of green pigments in the leaves of *Tilia europaea* L.and *T. cordata*, and to a greater extent – chlorophyll *a*. ***Conclusions***. Technogenic environmental pollution by emissions from industrial enterprises and motor vehicles leads to a change in the seasonal dynamics of green pigments in the leaves of representatives of the genus *Tilia*. According to the totality of indicators of the content of the sum of chlorophylls (*a* + *b*), individual forms of chlorophyll and the presence of chlorophylls a: b, the studied species can be arranged in the order of increasing their sensitivity to technogenic environmental loads as follows: *T. amurensis* > *T. europaea* > *T. cordata*.
Keywords: chlorophylls *a* and *b*, resistance to environmental pollution, *Tilia amurensis* L., *Tilia europaea* L., *Tilia cordata* Mill.

Надходження статті: 25 травня 2026 р.
Прийняття до друку після рецензування: 30 червня 2026 р.
Публікація: 30 листопада 2026 р.