

**ДИНАМИКА ВМІСТУ ФОТОСИНТЕЗУЮЧИХ ПІГМЕНТІВ ЯК
ФІТОІНДИКАЦІЙНИЙ ПОКАЗНИК У ПРЕДСТАВНИКІВ
Р. *JUNIPERUS*, ЩО ЗРОСТАЮТЬ В УМОВАХ ПРОМИСЛОВОГО
МІСТА ПІВДЕННОГО СХОДУ УКРАЇНИ**

І.В. Приступа, І.В. Шалімов*, Т.В. Романчук

Запорізький національний університет

****Запорізький міський дитячий ботанічний сад***

Дан сравнительный анализ изменения содержания фотосинтезирующих пигментов в однолетней хвое *Juniperus sabina*, *J. virginiana* и *J. communis* в зависимости от места произрастания. Проанализированы перспективы использования этих показателей как фитоиндикаторов загрязнения окружающей среды.

Можжевелники, пигментный комплекс, полютанты, озеленение, фитоиндикация

ВСТУП

У складних екологічних умовах, які відмічаються на південному сході України, важливу роль відіграє проведення фітооптимізації середовища. Одним із аспектів цього є введення інтродукованих рослин. Особливе місце серед них займають хвойні. Рекомендована питома вага хвойних порід у насадженнях степової зони південного сходу України повинна складати близько 5 % [3]. У міському зеленому будівництві України використовується лише п'ята частина існуючого інтродукційного фонду голонасінних рослин. Особливо це стосується формової розмаїтості [6]. Ситуація, що склалася найчастіше продиктована не стільки екологічними можливостями хвойних, скільки традиційним набором порід, вирощуваних протягом багатьох років міськими Зеленгоспами. В останній час все більшою популярністю та попитом користуються малорозповсюджені високодекоративні види, форми й культивари хвойних рослин, у тому числі представники р. *Juniperus*. Ці інтродуценти потребують всебічного вивчення в нових екологічних умовах.

Необхідні дослідження можливостей більш широкого використання хвойних порід у міських умовах, у тому числі з погляду стійкості до промислових забруднень. Одним зі зручних показників фізіологічного стану рослин є зміна вмісту хлорофілу. Крім того, як показують літературні дані,

пігментна система більшості рослин чутлива до забруднення середовища [1, 2, 10, 11]. Моніторинг навколишнього середовища може здійснюватися за фізіолого-біохімічними показниками, наприклад, за змінами в пігментному комплексі. Виходячи з цього, ми досліджували динаміку вмісту фотосинтезуючих пігментів у хвої представників р. *Juniperus* та можливості використання цих показників для фітоіндикації забруднення повітря.

УМОВИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Об'єктами досліджень були *Juniperus sabina* L., *J. virginiana* L. та *J. communis* L. у віці 20–25 років. Контрольні рослини зростали в умовно чистій зоні м. Запоріжжя (Космічний мікрорайон), а дослідні – в зоні з середнім рівнем забруднення (ЗМДБС – Запорізький міський дитячий ботанічний сад) та з високим рівнем забруднення (біля центрального проспекту ім. Леніна). Місто Запоріжжя розташоване в степовій зоні з дуже посушливими кліматичними умовами, що ускладнюються антропогенним забрудненням середовища. Проби відбирали з одновікових рослин раз на місяць з травня 2007 по березень 2008 рр. Пігменти визначали в ацетоновій витяжці на спектрофотометрі [8], використовували однорічну хвою. Результати оброблені методами математичної статистики [7].

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Хронічне забруднення атмосфери газоподібними фітотоксикантами в промислових зонах по-різному впливає на вміст і співвідношення пігментів в асиміляційних органах деревних рослин [10]. Як видно з табл. 1, у ялівця звичайного в травні сума хлорофілів $a+b$ більше в зонах з середнім та високим рівнем забруднення, що склало 126,19 та 192,86 % відповідно до контролю.

Вміст хлорофілу b в травні, липні та жовтні у ялівця звичайного в забруднених зонах вище, ніж в контролі. Як свідчать літературні дані, вміст пігментів у деревних рослин може навіть зростати в умовах хронічного забруднення атмосфери, що може бути пов'язано з накопиченням продуктів окиснення вуглеводів, органічних кислот циклу Кребса, продуктів гідролізу білків (гліцерин, пролін), необхідних для синтезу цих пігментів [9].

Найбільшу чутливість до забруднення асиміляційний апарат однолітньої хвої ялівця звичайного виявляє на початку весни (у березні),

тому що в цей час спостерігається збільшення вмісту хлорофілу *b* в забрудненій зоні, особливо дуже значний його ріст був в контролі. Так, у контролі цей показник склав $1,23 \pm 0,110$ мг/г. Вміст хлорофілу *b* у хвої рослин, що зростали в ЗМДБС та на проспекті ім. Леніна, в порівнянні з контролем становив 43,09 та 58,54 % відповідно. В цей період спостерігається також різке підвищення концентрації хлорофілу *a* у всіх зонах. За літературними даними, підвищується вміст зелених пігментів в однорічній хвої сосни звичайної в осінньо-зимовий період та на початку весни при атмосферного повітря забрудненні сполуками сірки [2].

Таблиця 1 – Вміст фотосинтезуючих пігментів у ялівця звичайного, мг/г сирової маси

Дата	Хлорофіл <i>a</i>	Хлорофіл <i>b</i>	Сума хлорофілів <i>a+b</i>	Відношення <i>a/b</i>	Каротиноїди
Космічний мікрорайон					
23.07.07	$0,33 \pm 0,010$	$0,09 \pm 0,007$	$0,42 \pm 0,017$	3,66	$0,28 \pm 0,007$
03.07.07	$0,30 \pm 0,010$	$0,08 \pm 0,007$	$0,38 \pm 0,017$	3,75	$0,17 \pm 0,010$
27.10.07	$0,29 \pm 0,010$	$0,07 \pm 0,003$	$0,36 \pm 0,013$	4,14	$0,16 \pm 0,007$
26.03.08	$1,12 \pm 0,090$	$1,23 \pm 0,110$	$2,35 \pm 0,200$	0,91	$0,15 \pm 0,010$
ЗМДБС					
23.05.07	$0,29 \pm 0,002$	$0,24 \pm 0,010$	$0,53 \pm 0,012$	1,20	$0,08 \pm 0,001$
03.07.07	$0,38 \pm 0,020$	$0,35 \pm 0,030$	$0,73 \pm 0,050$	1,08	$0,10 \pm 0,007$
27.10.07	$0,41 \pm 0,020$	$0,41 \pm 0,020$	$0,82 \pm 0,040$	1,00	$0,10 \pm 0,010$
26.03.08	$1,16 \pm 0,010$	$0,53 \pm 0,010$	$1,69 \pm 0,020$	2,18	$0,15 \pm 0,010$
Проспект ім. Леніна					
23.05.07	$0,50 \pm 0,050$	$0,31 \pm 0,030$	$0,81 \pm 0,080$	1,61	$0,21 \pm 0,020$
03.07.07	$0,49 \pm 0,020$	$0,37 \pm 0,010$	$0,86 \pm 0,030$	1,32	$0,14 \pm 0,010$
27.10.07	$0,52 \pm 0,010$	$0,25 \pm 0,010$	$0,77 \pm 0,020$	2,08	$0,13 \pm 0,010$
26.03.08	$0,83 \pm 0,020$	$0,72 \pm 0,010$	$1,55 \pm 0,030$	1,15	$0,34 \pm 0,030$

У липні і жовтні в хвої ялівця звичайного відмічено незначне зниження вмісту каротиноїдів у зоні з високим рівнем забруднення та в контролі у порівнянні з травнем. З травня по жовтень вміст каротиноїдів був меншим в забруднених зонах, ніж в контролі. На падіння вмісту каротиноїдів у рослин, які зростають у забруднених зонах, вказують і деякі автори [11]. Однак, на початку весни ми спостерігали підвищення вмісту каротиноїдів в асиміляційних органах рослин, які зростають на центральному проспекті, у порівнянні з іншими місяцями та зонами, що склало $0,34 \pm 0,030$ мг/г.

Можна відмітити, що реакція пігментного комплексу ялівця звичайного на забруднення протягом року неоднакова. Співвідношення хлорофілів a/b з травня по жовтень 2007 року вище в контролі, однак у березні 2008 року цей показник в контролі різко падав, і ставав нижчим, ніж у забруднених зонах. Н.В. Гетко [2] вказує на те, що зниження співвідношення хлорофілів a/b може характеризувати газостійкість рослин.

Отримані результати свідчать про те, що сума хлорофілів $a+b$ в умовах забруднення навколишнього середовища змінюється. У ялівця звичайного, який зростав у різних умовах забруднення, цей показник збільшувався в березні, і найбільшим він був у контролі. Однак, у травні сума хлорофілів $a+b$, навпаки, підвищується в забрудненій зоні.

Аналіз показав, що у ялівця звичайного нестійкий пігментний комплекс в умовах техногенного стресу. Коливання носили різноплановий характер. Внаслідок такої неоднозначної реакції на дію полутантів ця рослина не може бути критерієм для оцінки стану навколишнього середовища.

У ялівця козацького за весь досліджуваний період вміст хлорофілу a вищий в контролі у порівнянні з зоною середнього забруднення (табл. 2). Так, наприклад, у травні в контролі він склав $0,61 \pm 0,010$ мг/г, а в досліді – $0,18 \pm 0,010$ мг/г. У липні та березні сума хлорофілів $a+b$ також вища в чистій зоні, тоді як в інші місяці різниця статистично недостовірна. Вміст каротиноїдів не змінюється в залежності від зони зростання.

Таблиця 2 – Вміст фотосинтезуючих пігментів у ялівця козацького, мг/г сирової маси

Дата	Хлорофіл a	Хлорофіл b	Сума хлорофілів $a+b$	Відношення a/b	Каротиноїди
Космічний мікрорайон					
23.07.07	$0,61 \pm 0,010$	$0,18 \pm 0,004$	$0,79 \pm 0,014$	3,38	$0,11 \pm 0,007$
03.07.07	$0,39 \pm 0,007$	$0,24 \pm 0,010$	$0,63 \pm 0,017$	1,62	$0,07 \pm 0,010$
27.10.07	$0,35 \pm 0,030$	$0,13 \pm 0,010$	$0,48 \pm 0,040$	2,69	$0,08 \pm 0,010$
26.03.08	$1,18 \pm 0,030$	$0,60 \pm 0,020$	$1,78 \pm 0,050$	1,96	$0,43 \pm 0,020$
ЗМДБС					
23.05.07	$0,18 \pm 0,010$	$0,30 \pm 0,007$	$0,48 \pm 0,017$	0,60	$0,15 \pm 0,010$
03.07.07	$0,24 \pm 0,020$	$0,50 \pm 0,020$	$0,74 \pm 0,040$	0,48	$0,73 \pm 0,030$
27.10.07	$0,26 \pm 0,030$	$0,33 \pm 0,010$	$0,59 \pm 0,040$	0,78	$0,23 \pm 0,010$
26.03.08	$0,35 \pm 0,010$	$0,35 \pm 0,020$	$0,70 \pm 0,050$	1,00	$0,26 \pm 0,020$

Згідно з отриманих даних, ялівець козацький є менш стійким до забруднення видом, так як вміст хлорофілу *a* значно менший за весь період дослідження в забрудненій зоні. Встановлено, що забруднення повітря негативно впливає на вміст та фотосинтетичну активність пігментів у видів, нестійких до сполук фтору, сірки, хлору, азоту, тоді як у стійких видів пігментний комплекс більш стабільний. Як ефективний показник індикації забруднення повітря може бути використано вміст хлорофілу *a* [4, 5].

Якщо розглядати сезонну динаміку пігментів у цього виду, то з травня по березень спостерігається зменшення вмісту хлорофілу *b* в зоні з середнім рівнем забруднення, а в контролі в березні відзначається невелике збільшення розмірів цього показника. В контролі відмічено загальний підйом вмісту фотосинтезуючих пігментів у березні. Підвищення кількості зелених пігментів в однорічній хвої сосни звичайної в аналогічні терміни спостерігали також деякі дослідники [2].

Таким чином, пігментна система ялівцю козацького, згідно проведеним дослідженням, є менш стійкою до атмосферного забруднення.

У ялівця віргінського (табл. 3) немає помітних відмінностей між кількістю хлорофілів та каротиноїдів у зонах із середнім і високим рівнями забруднення. Є лише невеликі виключення. Так, в травні сума хлорофілів *a+b* більше в зоні з високим рівнем забруднення у порівнянні з середнім рівнем забруднення $0,65 \pm 0,011$ та $0,40 \pm 0,030$ мг/г відповідно, а в жовтні вміст хлорофілу *b* більше у рослин, які зростають на території ЗМДБС.

Таблиця 3 – Вміст фотосинтезуючих пігментів у ялівця віргінського, мг/г

Дата	Хлорофіл <i>a</i>	Хлорофіл <i>b</i>	Сума хлорофілів <i>a+b</i>	Відношення <i>a/b</i>	Каротиноїди
ЗМДБС					
23.05.07	$0,29 \pm 0,020$	$0,11 \pm 0,010$	$0,40 \pm 0,030$	2,63	$0,10 \pm 0,020$
03.07.07	$0,27 \pm 0,030$	$0,12 \pm 0,010$	$0,39 \pm 0,040$	2,25	$0,11 \pm 0,030$
27.10.07	$0,45 \pm 0,050$	$0,58 \pm 0,020$	$1,03 \pm 0,070$	0,77	$0,18 \pm 0,010$
26.03.08	$0,58 \pm 0,010$	$0,28 \pm 0,020$	$0,86 \pm 0,030$	2,07	$0,26 \pm 0,010$
Прспект ім. Леніна					
23.05.07	$0,40 \pm 0,001$	$0,25 \pm 0,010$	$0,65 \pm 0,011$	1,60	$0,13 \pm 0,010$
03.07.07	$0,26 \pm 0,020$	$0,20 \pm 0,010$	$0,46 \pm 0,030$	1,30	$0,07 \pm 0,001$
27.10.07	$0,51 \pm 0,010$	$0,43 \pm 0,010$	$0,94 \pm 0,020$	1,18	$0,14 \pm 0,010$
26.03.08	$0,58 \pm 0,010$	$0,28 \pm 0,010$	$0,86 \pm 0,020$	2,07	$0,41 \pm 0,020$

Сезонна динаміка показала, що вміст зелених пігментів не змінювався з травня по березень, за виключенням падіння вмісту хлорофілу *b* в жовтні в хвої рослин, що зростали на центральному проспекті. Одержані статистично достовірні дані щодо підвищення вмісту каротиноїдів в зоні з високим рівнем забруднення.

Таким чином, пігментний комплекс ялівця віргінського, згідно нашим дослідженням, є стійким до забруднення поллютантами. У перспективі планується подальше дослідження фізіолого-біохімічних змін у представників р. *Juniperus* за дії забруднення аерополлютантами з метою пошуку чутливих тест-показників та тест-об'єктів для фіто моніторингу стану довкілля.

ВИСНОВКИ

1. У ялівця звичайного підвищується вміст хлорофілу *a* на початку весни. У ялівців козацького та віргінського динаміка хлорофілу *a* носить коливальний характер з максимумами в травні 2007 р. та березні 2008 р.
2. У вивчених видів вміст хлорофілу *b* підвищувався в жовтні-березні, за виключенням екземплярів ялівця козацького, які зростали у зоні з середнім рівнем забруднення.
3. Вміст каротиноїдів з травня по березень коливався незначно, цей показник не змінювався у рослин в зоні з меншим забрудненням, за виключенням ялівця козацького. В інших випадках вміст каротиноїдів підвищувався до березня.
4. У всіх вивчених видів (ялівець звичайний, козацький та віргінський) пігментний комплекс був найбільш чутливим до техногенного забруднення атмосфери на початку весни. У ялівця козацького він найменш стійкий до забруднення поллютантами.
5. У ялівців звичайного та козацького співвідношення хлорофілів *a/b* більше в чистій зоні. У ялівця віргінського цей показник більший в зоні з середнім рівнем забруднення в травні-липні. Співвідношення хлорофілів *a/b* є найбільш придатним фітоіндикаційним показником забруднення атмосферного повітря у ялівців звичайного та козацького.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Бессонова В.П. Влияние тяжелых металлов на фотосинтез. – Днепропетровск: ДДАУ, 2006. – 208 с.

2. Гетко Н.В. Растения в техногенной среде. – Минск: Наука и техника, 1989. – 208 с.
3. Глухов А.З., Сулова Е.П. Архитектурно-декоративные принципы подбора интродуцированных видов хвойных для ландшафтного использования // Будівництво та реконструкція бот. садів і дендропарків України. – Сімферополь, 2006. – С. 126–129.
4. Илькун Г.М. Загрязнители атмосферы и растения. – К.: Наук. думка, 1978. – 247 с.
5. Коршиков И.И. Адаптация растений к условиям техногенно загрязненной среды. – К.: Наук. думка, 1996. – 238 с.
6. Кузнецов С.И., Маринич И.С., Похильченко О.П., Слюсар С.И. Биоразнообразие хвойных в коллекционных и парковых культурфитоценозах в связи с их интродукцией в Полесье и Лесостепь Украины // Бюл. гос. Ник. бот. сада. – Ялта, 2003. – Вып. 88. – С. 106–110.
7. Лакин Г.Ф. Биометрия. – М.: Высш. шк., 1990. – 352 с.
8. Мусієнко М.М., Паришинова Т.В., Славний П.С. Спектрофотометричні методи в практиці фізіології, біохімії та екології рослин. – К.: Фітософіоцентр, 2001. – 200 с.
9. Сергейчик С.А., Иванов С.А. Проблемы антропогенного воздействия на окружающую среду // Лесное хозяйство. – 1985. – № 5–6. – С. 23–25.
10. Смирнов И.А. Структура хлоропластов и факторы среды. – М.: Наука, 1986. – 269 с.
11. Сулова В.В., Николаевский М.С. Влияние кислых газов на пигментный состав листьев древесных и газонных растений // Учен. зап. Пермск. ун-та. – Пермь, 1971. – С. 138–145.

**DYNAMICS OF AMOUNT OF PHOTOSYNTHESIS PIGMENTS AT
REPRESENTATIVES OF G. JUNIPERUS, WHICH SPROUT IN THE
CONDITIONS OF INDUSTRIAL CITY OF SOUTH-EAST OF UKRAINE,
AS PHYTOINDICATION INDEX.**

I.V. Pristupa, I.V. Shalimov, T.V. Pomanchuk

The comparative analysis of change of maintenance of photosynthesis pigments is given in the one-year pine-needle of *Juniperus sabina*, *J. virginiana*

and *J. communis* depending on the place of sprouting. The prospects of the use of these indexes are analysed as phytoindication contaminations of environment.

УДК 582. 477.6:[581.132:57.018.6](477.5/6)

Приступа І.В., Шалімов І.В., Романчук Т.В. Динамика вмісту фотосинтезуючих пігментів як фітоіндикаційний показник у представників р. *Juniperus*, що зростають в умовах промислового міста південного сходу України // Питання біоіндикації та екології. – Запоріжжя: ЗНУ, 2009. – Вип. 14, № 1. – С. 74–80.

Вивчено пігментний склад деяких представників р. *Juniperus* (*Juniperus sabina*, *J. virginiana* та *J. communis*). Надано порівняльний аналіз зміни вмісту фотосинтезуючих пігментів в однолітній хвої імовірних видів-індикаторів у залежності від місця зростання. Проаналізовано перспективи використання цих показників як фітоіндикаторів забруднення навколишнього середовища.

Бібл. 12. Табл. 3.