

for the existence of insects of the species *Iphiclides podalirius* unlike insects of the species *Saturnia pyri*, for which a small amount of precipitation is required for existence.

Key words: Medobory Reserve, climatic conditions, number, *Saturnia pyri*, *Papilio machaon*, *Apatura iris*, *Iphiclides podalirius*

Рекомендує до друку
В. В. Грубінко

Надійшла 21.02.2018

УДК 581.2

Т. І. ЮСИПІВА

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
пр. Гагаріна, 72, Дніпро, 49010

ВМІСТ ЗЕЛЕНИХ ПІГМЕНТІВ У ХВОЇ *PINUS SYLVESTRIS* ТА *PICEA PUNGENS* В ТЕХНОГЕННИХ УМОВАХ М. ДНІПРО

Наведено результати досліджень впливу промислових емісій та викидів автотранспорту на вміст пластидних пігментів у хвої *Pinus sylvestris* L. і *Picea pungens* Engelm. Виявлені інформативні тест-параметри для моніторингу стану хвойних рослин в умовах техногенного середовища: вміст хлорофілів *a* і *b* (тест-об'єкт *P. sylvestris*) та їх суми (*a+b*). Встановлено середню стійкість асиміляційних органів *P. pungens* до токсичних газів і важких металів, що дозволяє використовувати вид в озелененні техногенних територій із полікомпонентним забрудненням.

Ключові слова: сума хлорофілів (*a + b*), співвідношення хлорофілів *a:b*, фітоіндикація, промислові емісії, викиди автотранспорту, хвойні рослини

Вступ. Екологічну оцінку стану зелених масивів в умовах антропогенного тиску може успішно здійснювати з використанням біохімічних показників деревних рослин [1, 4, 7, 10, 11]. Пігменти фотосинтезу – ключові сполуки рослинного організму, тому зниження інтенсивності фотосинтезу за умов техногенного забруднення може бути однією з причин зниження продуктивності рослин. Стан фотосинтетичних зелених пігментів (хлорофіли *a* та *b*) є важливим, оскільки їх вміст може слугувати своєрідним маркером стресу [1].

В озелененні м. Дніпро широко використовують такі хвойні породи, як ялина колюча та сосна звичайна. З огляду на вищезазначене, мета роботи – дослідити вплив техногенних умов зростання (м. Дніпро) на вміст зелених пігментів у хвої *Pinus sylvestris* L. і *Picea pungens* Engelm.

Матеріал і методи досліджень

Матеріал збирали в жовтні 2017 р. на трьох пробних ділянках. Контрольна (умовно чиста) зона – Ботанічний сад ДНУ ім. О. Гончара, де концентрації забруднювачів не перевищують значення ГДК_{сан.-гіг.} Моніторингова точка I розташована на території, прилеглій до Придніпровської ТЕС, що є найпотужнішим забруднювачем міста. Частка SO₂ в її викидах складає 90,0% від вмісту цієї сполуки у викидах усіх підприємств міста, NO₂ – 77,2%, твердих домішок – 75,7%, CO – 68,8% [3]. Моніторингова точка II розташована в зеленій зоні, що прилягає до потужної автотраси (Слобожанський проспект) та ПАТ «Інтерпайп Нижньодніпровський трубопрокатний завод». Хоча зараз підприємство на повну потужність не працює, однак його діяльність упродовж десятиріч призвела до хронічного забруднення середовища токсичними сполуками. У 2011 р. частка CO у викидах складала 46,6 %, NO_x – 31,1 %, SO₂ – 5,3 %, твердих речовин – 1,8 % [3]. У ґрунтах ділянки II спостерігається високий вміст важких металів: Mn – 1525, Cu – 89, Zn – 1149, Ni – 227, Pb – 194,5, Cd – 17 мг/кг [6].

Об'єктами дослідження були сосна звичайна *Pinus sylvestris* L. та ялина колюча *Picea pungens* Engelm. f. *viridis* Regel. (родина *Pinaceae*). Проби хвої відбирали з модельних дерев одного віку з південно-східного боку крони на висоті 1,7 м від рівня ґрунту. Концентрацію хлорофілу визначали в ацетоновій витяжці хвої на спектрофотометрі СФ-2000 при довжині хвиль 662 і 644 нм.

Розрахунки проводили за формулами Веттштейна [2]. Повторність дослідів трикратна. Результати експерименту оброблені статистично за допомогою Microsoft Office Excel 2007. Розраховували середню арифметичну похибку. Для порівняння показників контрольних і дослідних варіантів використовували t-test ($p < 0,05$).

Результати досліджень та їх обговорення

Техногенне навантаження призводить до змін вмісту зелених пігментів у асиміляційних органах обох деревних порід, однак по-різному (табл. 1).

Таблиця 1

Вміст хлорофілів у хвої за умов техногенезу, мг/г сирої маси, ($M \pm m$, n=3)

Вид	Контроль	Ділянка I	Ділянка II
вміст хлорофілу <i>a</i>			
<i>Pinus sylvestris</i>	0,307 ± 0,010	0,329 ± 0,021	0,263 ± 0,002*
<i>Picea pungens</i>	0,257 ± 0,006	0,274 ± 0,007	0,335 ± 0,033*
вміст хлорофілу <i>b</i>			
<i>Pinus sylvestris</i>	0,141 ± 0,001	0,143 ± 0,002	0,119 ± 0,001*
<i>Picea pungens</i>	0,140 ± 0,014	0,174 ± 0,008*	0,151 ± 0,037
сума хлорофілів (<i>a + b</i>)			
<i>Pinus sylvestris</i>	0,450 ± 0,007	0,471 ± 0,018	0,384 ± 0,008*
<i>Picea pungens</i>	0,400 ± 0,001	0,445 ± 0,007*	0,480 ± 0,027*

Примітка: *дані достовірні при $p < 0,05$

Як видно з даних, що подані в табл. 1, техногенні умови впливають на вміст обох форм хлорофілів. Концентрація хлорофілу *a* у хвої рослин обох досліджених видів із району Придніпровської ТЕС практично не змінюється порівняно з контрольними величинами. Кількість цього пігменту на прилеглий до ПАТ «Інтерпайп Нижньодніпровський трубопрокатний завод» та автотраси території у *P. sylvestris* зменшується порівняно з контрольним значенням на 14,3 %, одночасно у *P. pungens* зростає і становить 128,4 % від вмісту хлорофілу *a* в рослин із умовно чистої зони. Цю реакцію-відповідь на антропогенний тиск вважаємо адаптаційною реакцією компенсаторного типу, оскільки ростові показники хвої *P. pungens* за дії екстремальних факторів докільця знижуються [9].

Аналіз вмісту хлорофілу *b* свідчить про зниження його концентрації у рослин *P. sylvestris* в моніторинговій точці II, що разом зі зменшенням кількості хлорофілу *a* призводить до зниження вмісту суми зелених пігментів у асиміляційних органах цього виду в умовах техногенезу. Досліджена характеристика у дерев ділянки I практично не змінюється порівняно з рослинами умовно чистої зони. Так, вміст хлорофілу *b* у хвої *Pinus pallasiana* Lamb. під дією викидів автотранспорту знижується меншою мірою, ніж хлорофілу *a* [5]. Вміст хлорофілу *b* у хвої *P. pungens* суттєво збільшується саме в моніторинговій точці I (124,3 % від контролю).

Уміст суми хлорофілів (*a+b*) у хвої *P. sylvestris* у моніторинговій точці II знижується на 14,7 % відносно значення цього показника у рослин умовно чистої зони, а у рослин ділянки I практично не змінюється порівняно з контролем.

У хвої *P. pungens*, навпаки, виявлено підвищення вмісту суми хлорофілів для рослин обох дослідних ділянок, причому більшою мірою у моніторинговій точці II, де кількість зелених пігментів на 20,0 % перевищує значення цього показника у контрольних рослин. Цей параметр у рослин, які зростають на прилеглий до Придніпровської ТЕС території, збільшується відносно контрольного значення на 11,3 %.

Згідно з [11], у хвої *P. pungens* виявлено суттєве зниження суми хлорофілів (*a+b*) на відстані 1,5 і 10 м від автошляхів з інтенсивним рухом автомобілів, а на віддаленні 120 м цей

показник практично не відрізнявся від значень у контролі. У *J. sabina* пігментний комплекс у *Juniperus sabina* L., *J. virginiana* L. і *J. communis* L. найбільш чутливий до забруднення атмосфери на початку вегетації, при цьому він найменш стійкий до поллютантів [7].

З літературних джерел відомо [8, 10], що співвідношення хлорофілу *a* до хлорофілу *b* – один із показників фотосинтетичної діяльності рослин, а за дії фітотоксикантів – ознака їх фізіологічного стану. Цей показник у рослин *P. sylvestris* на обох ділянках збільшується щодо контрольних значень (табл. 2), що свідчить про зменшення частки хлорофілу *b*.

Таблиця 2

Співвідношення хлорофілів *a* : *b* у хвої в забрудненому середовищі

Вид	Контроль	Ділянка I	Ділянка II
<i>Pinus sylvestris</i>	2,18	2,30	2,21
<i>Picea pungens</i>	1,84	1,58	2,22

У *P. pungens* співвідношення окремих форм зелених пігментів в моніторинговій точці II зростає за рахунок підвищення частки хлорофілу *a*, а в точці I зменшується у зв'язку зі збільшенням частки хлорофілу *b*.

Аналіз літературних даних свідчить про зменшення співвідношення хлорофілів *a* : *b* в асиміляційних органах рослин в умовах техногенезу [4, 5, 10]. Суттєве зниження цього показника у рослин загазованих територій може свідчити, з одного боку, про зменшення синтезу пігментів, а з іншого – про прискорення їх розпаду за умов дії аеротоксичних речовин [4].

Висновки

1. Токсичні гази та важкі метали істотно зменшують вміст у хвої *P. sylvestris* суми хлорофілів (*a+b*) і концентрацію окремих форм зелених пігментів (хлорофілу *a* та *b*) порівняно з рослинами умовно чистої зони.
2. До адаптивних механізмів компенсаторного типу у *P. pungens* належать суттєве підвищення за дії полікомпонентного забруднення середовища вмісту суми хлорофілів (*a+b*) і концентрації хлорофілу *b*.
3. Виявлені інформативні тест-параметри для фітоіндикації впливу техногенного середовища на стан хвойних рослин: вміст суми хлорофілів (*a+b*), концентрація хлорофілів *a* та *b* (тест-об'єкт *P. sylvestris*).
4. Встановлено середню стійкість асиміляційного апарату *P. pungens* до токсичних газів і важких металів, що дозволяє використовувати її в озелененні техногенних територій із полікомпонентним забрудненням.

1. Бессонова В. П. Влияние поликомпонентных выбросов автомобильного транспорта на содержание хлорофилла в листьях древесных растений / В.П. Бессонова, Н.В. Капелюш, С.В. Овчаренко, В.Д. Письменчук // Бюл. Никитского ботан. сада. — Ялта, 2004. — 8. С. 73—75.
2. Гавриленко В. Ф. Большой практикум по физиологии растений / В.Ф. Гавриленко, М.Е. Ладыгина, Л.М. Хандобина. — М.: Колос, 1975. — 392 с.
3. Екологічний паспорт Дніпропетровської області (2015 р.) // <http://www.menr.gov.ua>
4. Москалик Г. Г. Фітоіндикація стану повітря урбоєкосистеми / Г.Г. Москалик // Фальцфейнівські читання. — Херсон: ПП Вишемирський, 2007. — С. 219—221.
5. Оскольская О. И. Некоторые морфологические и физиологические адаптации сосны крымской (*Pinus pallasiana* Lamb.) к условиям антропогенного воздействия / О.И. Оскольская // Кадастровые исследования степных биогеоценозов Присамарья Днепропетровского, их антропогенная динамика и охрана. — Д.: Изд-во Днепропетр. ун-та, 1991. — С. 176—181.
6. Пасічний Г. В. Динаміка важких металів в ґрунтовому покриві у зв'язку з техногенним забрудненням опочуючого середовища (на прикладі м. Дніпропетровська) / Г.В. Пасічний, В.М. Сердюк // Екологія та природокористування. — 2002. — 4. — С. 111—117.
7. Приступа І.В. Динаміка 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 // Питання біоіндикації та екології. — 2009. — Вип. 14, № 1. — С. 74—80.
8. Репин Е. Н. Состав пластидных пигментов, содержание воды и транспирации у *Pinus densiflora* и *Pinus x Funebris* / Е.Н. Репин // Ботан. журнал. — 2003. — Т. 88. — № 3. — С. 85—89.

9. Філатова Н. О. Стан біометричних показників хвої сосни звичайної та ялини колочої на урбанізованих територіях / Н.О. Філатова, Т.І. Юсипіва // Рослини та урбанізація. Матеріали науково-практичної конференції, 3 березня 2018. — Д., 2018.
10. Юсипіва Т. І. Вплив SO₂ та NO₂ на динаміку хлорофілу в листках самосіву деревних рослин / Т. І. Юсипіва, О. В. Самко // Вісн. Миколаїв. ун-ту. Сер. біол. науки. — 2009. — Вип. 24, № 4 (1). — С. 282—287.
11. Bessonova, V.P., Ponomaryova, O.A., 2017. Morphometric characteristics and the content of plastid pigments of the needles of *Picea pungens* depending on the distance from the highways. Biosystems Diversity, 25 (2), 96—101.

Т. И. Юсипіва

Днепровский национальный университет имени Олеся Гончара

СОДЕРЖАНИЕ ЗЕЛЕННЫХ ПИГМЕНТОВ В ХВОЕ *PINUS SYLVESTRIS* И *PICEA PUNGENS* В ТЕХНОГЕННЫХ УСЛОВИЯХ Г. ДНЕПР

Изложены результаты исследований влияния промышленных эмиссий и выбросов автотранспорта на концентрацию пластидных пигментов в хвое *Pinus sylvestris* L. и *Picea pungens* Engelm. Предложены информативные тест-параметры для мониторинга состояния хвойных растений в условиях техногенной среды: содержание суммы хлорофиллов ($a+b$), концентрация хлорофиллов a и b (тест-объект *P. sylvestris*). Выявлена средняя устойчивость ассимиляционного аппарата *P. pungens* к токсическим газам и тяжелым металлам, что позволяет использовать вид в озеленении техногенных территорий с поликомпонентным загрязнением.

Ключевые слова: сумма хлорофиллов ($a + b$), соотношение хлорофиллов $a:b$, фитоиндикация, промышленные эмиссии, выбросы автотранспорта, хвойные растения

T. Iusypiva

Oles Honchar Dnipro National University, Ukraine

GREEN PIGMENT CONTENT IN NEEDLES OF *PINUS SYLVESTRIS* AND *PICEA PUNGENS* UNDER TECHNOGENIC CONDITIONS OF THE CITY OF DNIPRO

The paper studies the influence of technogenic growth conditions in the city of Dnipro on the chlorophyll content in the needles of *Pinus sylvestris* L. and *Picea pungens* Engelm. It has been shown that multicomponent pollution of the atmosphere and soil leads to changes in the concentrations of green pigments in the assimilation organs of both tree species, but the trends of the changes differ. It was found that the action of toxic gases and heavy metals in the needles of *P. sylvestris* significantly reduces the content of chlorophylls ($a + b$) due to the reduction of the concentrations of their individual forms – chlorophylls a and b – compared with the indices of plants in the conventionally clean zone.

Moreover, the study proved that a dramatically increasing technogenic effect on the content of chlorophylls ($a + b$) in the needles of *P. pungens* depends on the concentration rate growth of certain forms of green pigments (chlorophyll a or b). These reactions of the assimilation apparatus to anthropogenic stress may relate to adaptive mechanisms of the compensatory type.

The informative test parameters for phytoindication of the influence of the technogenic environment on the condition of coniferous plants were revealed: the content of the chlorophylls content ($a + b$) and the concentration of chlorophyll a and b (test object *P. sylvestris*). The average stability of the assimilation apparatus *P. pungens* to toxic gases and heavy metals has been established, which allows it to be used in the landscaping of man-made territories featuring multicomponent pollution.

Key words: Total Chlorophyll ($a + b$), Chlorophyll (Chl) a/b ratio, phytoindication, industrial emissions, vehicle emissions, coniferous plants