

Г.Г. МОСКАЛИК, С.С. КОСТИШИН

Чернівецький національний університет імені Ю. Федьковича
вул. Кошубинського 2, м. Чернівці, 58012, Україна
Moskal2003@rambler.ru, skostysh@chnu.cv.ua

МОРФОФІЗІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ *PICEA PUNGENS* «*GLAUSA*» В УМОВАХ УРБОЕКОСИСТЕМИ (НА ПРИКЛАДІ М. ЧЕРНІВЦІВ)

Ключові слова: Picea pungens «Glausa», некрози, мезофіл, хлорофіл, важкі метали

Вступ

На формування рослинності в урбогенних умовах впливають складність геоморфологічної і літогенної будови території, специфіка клімату, вологість, а також антропогенний фактор [1, 3, 12—13, 15].

Місто Чернівці розташоване на межі двох фізико-географічних областей, які належать до лісостепового, лісолучного і заплавного типів ландшафтів. За радіаційними умовами і режимом атмосферної циркуляції клімат міста подібний до атлантичного помірно-континентального [6, 8]. У метеорологічному аспекті конфігурація міста є не дуже сприятливою, оскільки північно-західні і південно-східні вітри переносять через нього забруднені промисловими викидами, залізничним і автомобільним транспортом повітряні маси.

Едафічний покрив території Чернівців представлений опідзоленими чорноземами, сірими і світло-сірими лісовими – на схилах і вододілах, а також дерново-лучними і лучними на низьких терасах і в поймах річок ґрунтами [6].

У Чернівцях основним забруднювачем атмосферного повітря є викиди автотранспорту, які становлять 75 % від його загального забруднення [8].

Враховуючи вищенаведені особливості формування урбогенних умов, хімічного складу атмосферного повітря в місті, актуальним є пошук рослин — біоіндикаторів стану довкілля. Відомо, що хвойні надзвичайно чутливі до забруднення середовища. Зокрема, виявлено комплекс морфологічних, анатомічних [1, 3, 9, 10, 12, 15] та фізіолого-біохімічних [12, 13] ознак, які можуть бути біоіндикаторами стану довкілля. На особливу увагу заслуговують інтродуценти, котрі характеризуються високою екологічною пластичністю, що виробилась у процесі еволюції.

Серед хвойних культурних фітоценозів міста домінує інтродуцент з Північної Америки *Picea pungens* «*Glausa*» — ялина колюча, форма голуба, яка росте в парках, скверах і в складі декоративних насаджень поблизу адміністративних будинків, готелів тощо.

Нашою метою було проаналізувати окремі морфо-анатомічні і фізіологічні показники цього інтродуцента з метою його використання як біотесту загазованості повітря.

© Г.Г. МОСКАЛИК, С.С. КОСТИШИН, 2008

Матеріал і методика досліджень

Матеріалом для досліджень обрано шпильки *Picea pungens* «*Glauca*».

Відбирали по 100 шпильок з трьох—п'яти дерев приблизно одного віку (15—20 років), з різних функціональних зон урбокосистеми: 1) рекреаційної — зелена зона міста; 2) житлово-побутової — зосередження житлових та адміністративних будинків, об'єктів культури; 3) транспортної — центральні вулиці міста з інтенсивним автомобільним потоком.

За контроль обрано дерева з території дослідної станції, розташованої на околицях міста.

Морфометричну характеристику рослин склали, визначаючи висоту і товщину стовбура, кількість шпильок на 10 см пагона, кількість бруньок на однорічному пагоні, довжину шпильок, кількість і характер некротизованих ушкоджень [16]. Клас ушкодження шпильок встановлювали за шкалою Денісової [7].

Анатомічну структуру шпильок досліджували за загальноприйнятими ботанічними і цитологічними методиками [2]. Поперечні зрізи центральної частини шпильки робили вручну і вивчали за допомогою мікроскопа МІКМЕД-2 із застосуванням градуйованого окуляра ($\times 640$). Зокрема, визначали товщину стели і складчастої паренхіми, кількість і діаметр смоляних каналів.

Фізіологічний стан дерев оцінювали за нагромадженням абсолютно сухої маси і кількістю пігментів [14]. Якісний склад пігментів виявляли шляхом електрофорезу на силуфолових пластинках [11]. Концентрацію важких металів у рослинних пробах визначали методом атомно-абсорбційної спектроскопометрії.

Результати досліджень та їх обговорення

Абіотичні фактори урбокосистеми формують певні адаптаційні ознаки біоти. Насамперед проявляються морфометричні зміни, які є результатом фізіологічних та біохімічних процесів. Ми спостерігали за станом асиміляційного апарату рослин у досліджуваних зонах (табл. 1). Показано, що висота дерев, товщина стовбура і кількість бруньок на однорічному пагоні були приблизно однаковими в усіх досліджуваних особин.

Таблиця 1. Морфометрична характеристика *Picea pungens*

Досліджувані зони	Висота (чисельник, м) і діаметр (знаменник, см) стовбура	Кількість бруньок однорічного пагона (шт.)	Кількість шпильок на 10 см пагона	Довжини шпильок (см)
Умовно чиста (контроль)	$\frac{5-6}{30}$	5—6	142±12	3,11±0,30
Рекреаційна	$\frac{5}{20}$	4—5	168±15	2,75±0,21
Житлово-побутова	$\frac{3-4}{20}$	4—5	170±17	2,67±0,21
Транспортна	$\frac{5}{25}$	4	198±17*	2,21±0,16*

Тут і в таблиці 2: * — вірогідна відмінність від контролю ($p < 0,05$).

Довжина хвої становила 2—3 см. У ялин з рекреаційної та житлово-побутової зон цей показник не відрізнявся від контрольного варіанта, тимчасом як у дерев з транспортної зони довжина шпильок достовірно знижувалася порівняно з контролем. Було показано [1, 3, 10], що одним з проявів пригнічувальної дії різноманітних викидів є зміна лінійних розмірів асиміляційного апарату рослин. Результати нашої роботи підтверджують це положення.

Характерними ознаками неблагополуччя навколишнього середовища, передусім газового складу атмосфери, є різного роду хлорози і некрози. У досліджуваному нами матеріалі відзначено різну частку некротизованих шпильок. У ялин з рекреаційної та житлово-побутової зон вона становила 11—13 %, а з транспортної — 20 %, проте клас та характер їх ушкодження були різними. Зокрема, у ялин із зеленої частини міста виявлено другий клас ушкоджень (некроз верхівковий, крайовий та плямистий), з транспортної — третій (некроз верхівковий і біля основи, а також крайовий та плямистий). Водночас у цих рослин спостерігали суцільне пожовтіння шпильок і їх опадання у нижній частині крони та біля основи гілок, дерева втрачали естетичний вигляд.

Отже, морфологічна оцінка стану рослин *P. pungens* показала високу чутливість їх асиміляційного апарату до антропопресингу. Це, ймовірно, пов'язане з включенням полютантів в асиміляційні процеси, що призводить або до інгібування певних біохімічних реакцій, або посилення процесів розпаду. Наявність різних ушкоджень свідчить про негативний вплив загазованості атмосферного повітря міста, внаслідок чого дерева вуличних насаджень рано старіють, зріджуються, їх крона спотворюється, передчасно жовтіють і опадають шпильки.

Завдяки спостереженням за асиміляційним апаратом рослин встановлено зміни анатомічних показників їх вегетативних органів залежно від місцезростання дерев. З літератури відомо [9], що адаптаційні властивості мезофілу листка спрямовані на оптимізацію проведення світла і дифузії газів у тих чи інших екологічних умовах. Ми виявили формування пухкешої структури мезофілу у шпильках ялин з житлово-побутової і транспортної зон (рис. 1). Його товщина була у середньому в 1,5 раза більшою, ніж у контрольному варіанті. Результати можуть свідчити про пристосування шпильок

Частка некротизованих шпильок	Клас ушкодження шпильок	Характер некрозу	Характер опадання шпильок
3±0,25	1	точковий	опадання не спостерігається
13±0,97*	2	верхівковий та плямистий	опадання біля основи
11±0,92*	2	точковий та кільцевий	опадання не спостерігається
20±1,34*	3	верхівковий та біля основи, крайовий, точковий	опадання знизу та біля основи

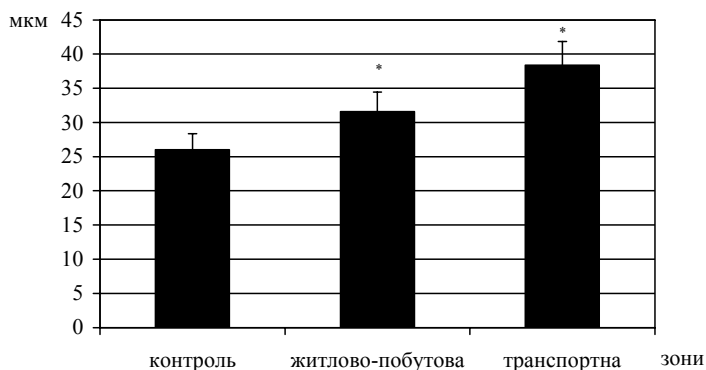


Рис. 1. Товщина складчастої паренхіми шпильок *Picea pungens* у досліджуваних умовах (тут і на рисунках 3—6): * — вірогідна відмінність від контролю — $p < 0,05$; показано усереднені дані за три місяці

Fig. 1. A thickness of plicate parenchimi of pine-needle of *Picea pungens* is in probed terms (here and on the figures 3—6): * — a reliable difference is from control — $p < 0,05$; useredneni information is shown for three month

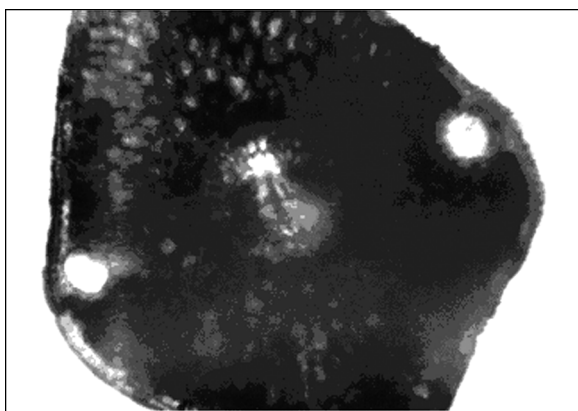


Рис. 2. Поперечний зріз шпильки *Picea pungens*: Ск — смоляний канал
 Fig. 2. Transversal cut of pine-needle of *Risea pungens*: Ск — resin channel

до полегшення газообміну у складних аерогенних умовах, як це показано для *Pinus sylvestris* L. [3]. На думку цих авторів, це результат посиленого азотного живлення за рахунок промислових домішок.

Смолоносна система у шпилькових представлена горизонтальними та вертикальними смоляними каналами (рис. 2), кількість яких залежить від виду і зовнішніх факторів [3, 10].

Ми показали активізацію смолоносної системи у рослин з транспортної зони за рахунок збільшення діаметра каналів (рис. 3), хоча кількість смоляних каналів достовірно зменшилася порівняно з контролем (рис. 4). У рослин з рекреаційної зони ці показники не відрізнялися від контрольних. Ви-

явлені зміни, на нашу думку, є наслідком аеротоксичного забруднення атмосферного повітря транспортної зони міста.

Адаптація рослин до умов загазованості повітря виявлялася у досліджених нами фізіологічних показниках.

Відомо, що кількість абсолютно сухої речовини може опосередковано свідчити про інтенсивність метаболічних процесів при адаптації рослин до умов існування. Порівнюючи показники зимового та літнього періодів (рис. 5), ми відзначили низьку його варіабельність взимку. Влітку у шпильках накопичувалося у 1,5–2 рази більше сухої речовини, ніж узимку. Крім того, виявлено достовірне зниження цього показника у рослин з транспортної зони.

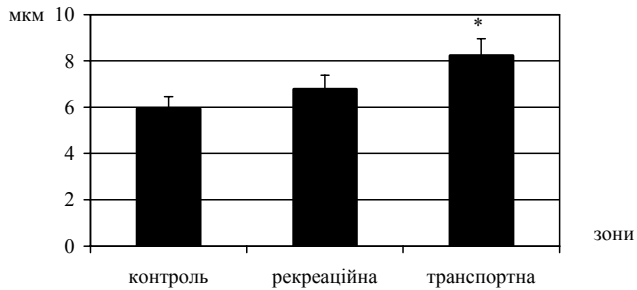


Рис. 3. Діаметр смоляного каналу у шпильках *P. pungens* у досліджуваних умовах
 Fig. 3. Diameter of resin channel is in the pine-needle of *P. pungens* in the probed terms

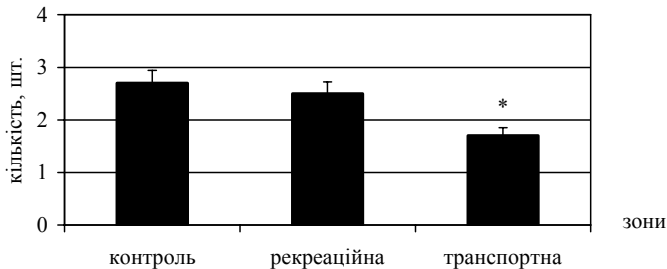


Рис. 4. Кількість смоляних каналів у шпильці *P. pungens* у досліджуваних умовах
 Fig. 4. The number of resin channels is in the pine-needle of *P. pungens* in the probed terms

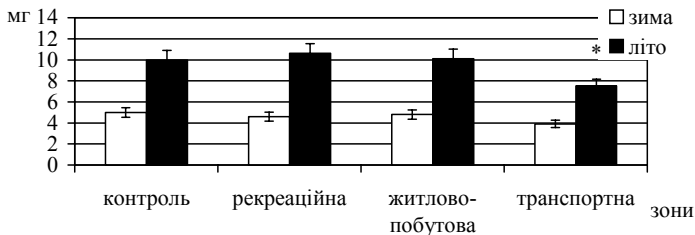


Рис. 5. Абсолютно суха речовина шпильок *P. pungens* з різних функціональних зон міста
 Fig. 5. Absolutely dry matter of pine-needle of *P. pungens* is from the different functional areas of city

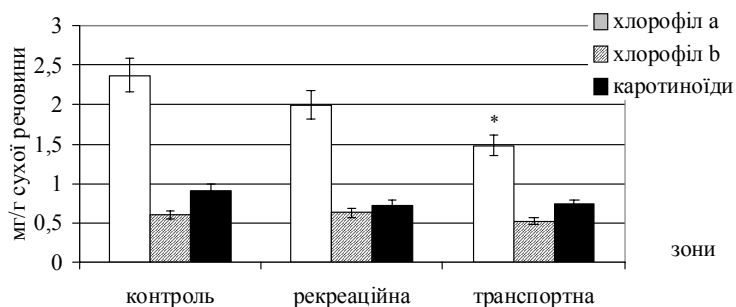
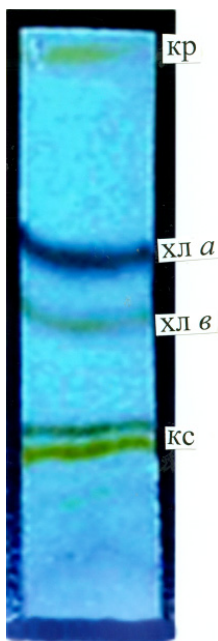


Рис. 6. Співвідношення різних типів пігментів у шпильках *P. pungens* у досліджуваних умовах
 Fig. 6. Correlation of different types of pigments in the pine-needle of *P. pungens* in the probed terms

У літературі є дані щодо різного впливу забруднення повітря на суху речовину органів рослин. В одних рослин пригнічувалися процеси накопичення біомаси, в інших, навпаки, вони активізувались, що, на думку авторів, є видоспецифічним [1, 3, 12].

Ми показали вплив умов росту дерев на вміст основних пігментів фотосинтезу. Зокрема, виявлено мінімальну кількість хлорофілу *a* у рослин з транспортної зони (рис. 6). Вміст інших пігментів не змінювався у дослідних варіантах.

Водночас незалежно від умов росту, якісний склад пігментів в усіх варіантах досліді був ідентичним (рис. 7): із зелених виявлено хлорофіли *a* та *b*, із жовто-помаранчевих — ксантофіли і каротин. Отже, кількісний вміст хлорофілу *a* може бути неспецифічним біоіндикаційним тестом загазованості атмосферного повітря в умовах міської екосистеми.



Невід'ємна складова антропогенного навантаження урбоекосистеми — важкі метали. Показано їх негативний вплив на мембрани, вміст елементів живлення, водний режим, фотосинтез, ріст рослин [4, 5]. Проте є думка, що деякі важкі метали здатні залучатися до метаболічних процесів, прискорюючи окремі з них і сприяючи нагромадженню маси рослин [12]. Крім того, відомо [5], що деякі види рослин акумулюють ті чи інші важкі метали, тому можуть бути біоіндикаторами забрудненості середовища цими елементами. Така неоднозначна реакція рослин пояснюється реалізацією різних механізмів толерантності до важких металів.

Для дослідження ми відібрали важкі метали, які за біогеохімічними особливостями і рівнем акумуляції віднесли до груп сильного (*Fe*, *Mn*) і помірного (*Cu*) накопичення [4]. Разом з тим за ступенем токсичності [5] ці елементи розташовані у такій послідовності $Cu > Fe > Mn$.

Рис. 7. Якісний склад пігментів шпильок *P. pungens*

Fig. 7. High-quality composition of pigments of pine-needle of *P. pungens*

Таблиця 2. Вміст важких металів у шпильках *Picea pungens* (мг/кг)

Досліджувані зони	Cu	Fe	Mn
Умовно чиста (контроль)	3,80±0,20	20,11±1,58	34,14±2,68
Рекреаційна	4,89±0,37	43,52±3,72*	41,14±4,18
Житлово-побутова	5,79±0,35	31,84±3,05*	34,36±3,02
Транспортна	7,97±0,72*	56,69±5,21*	57,85±4,92*

Показано мінімальне накопичення у шпильках *Cu* порівняно з іншими елементами (табл. 2). Водночас його рівень залежав від місця росту: зокрема, у дерев із транспортної зони він у середньому в 2,5 раза перевищував контрольний. Щодо *Fe* ми виявили дещо іншу закономірність. У шпильках усіх дослідних точок вміст *Fe*, як правило, переважав контрольний варіант. У рослинах зафіксовано також високий вміст *Mn*. Проте спрямування накопичення цього елемента в деревах залежало від місця їх росту. Зокрема, у шпильках ялин з рекреаційної та житлово-побутової зон його кількість була на рівні контролю, а в дерев з транспортної зони достовірно переважала. Отже, у шпильках ялини показано такий ряд накопичення важких металів: $Fe > Mn > Cu$. Крім того, максимальний вміст *Cu* та *Mn* відзначено у шпильках дерев, що росли в умовах транспортної зони.

Висновки

1. Відзначено зменшення лінійних розмірів та збільшення частки некротизованих шпильок у ялин з транспортної зони міста.
2. Показано пухкішу структуру мезофілу шпильок рослин з транспортної зони та збільшення діаметра смолоносних каналів ялини, що може слугувати біоіндикаційною ознакою загазованості атмосферного повітря.
3. Встановлено зменшення кількості хлорофілу *a* у шпильках ялин з транспортної зони, що свідчить про негативні умови їх росту і може бути специфічним індикаційним показником забрудненості повітря.
4. Виявлено накопичення важких металів у шпильках у такій послідовності: $Fe > Mn > Cu$. Високий рівень найтоксичнішого металу *Cu* у шпильках із транспортної зони є результатом негативних умов довкілля.

1. Алексеев В.А., Рак Л.Д. Признаки ослабления деревьев ели под влиянием атмосферного загрязнения // Лесоведение. — 1985. — № 5. — С. 37–43.
2. Барыкина Р.П., Веселова Т.Д., Девятов А.Г. и др. Основы микротехнических исследований в ботанике. Справочное руководство. — М., 2000. — 127 с.
3. Вупирайло О.В., Протасов О.І. Морфолого-анатомічні зміни хвої *Pinus sylvestris* L. під впливом атмосферного промислового забруднення // Укр. ботан. журн. — 1995. — 52, № 3. — С. 394–398.
4. Голод Д.С., Красовский Е.Л. Биогеохимические особенности накопления тяжелых металлов в растительном покрове и вопросы охраны природы // Мат-лы II Всесоюз. конф. (Москва, 28–30 декабря 1987 г.). — М., 1988. — С. 78–82.

5. Гуральчук Ж.З. Механизмы устойчивости растений к тяжелым металлам // Физиол. и биохим. культ. раст. — 1994. — 26, № 2. — С. 107—115.
6. Гуцуляк В.М. Ландшафтно-геохімічна екологія. — Чернівці: Рута, 1995. — 317 с.
7. Денисова С.И. Полевая практика по экологии. — Минск, 1999. — 137 с.
8. Екологічні проблеми Буковини: Навчальний посібник / За ред. В.П. Коржика. — Чернівці: Зелена Буковина, 2002. — 168 с.
9. Иванова Л.А., Пьянков В.И. Влияние экологических факторов на структурные показатели мезофилла листа // Ботан. журн. — 2002. — № 12. — С. 17—28.
10. Коба В.П. Анатомо-морфологічні дослідження вегетативних органів *Pinus kochiana* Klotzsch у зв'язку з динамікою умов зростання // Укр. ботан. журн. — 2005. — 62, № 3. — С. 365—373.
11. Малый практикум по физиологии растений: Практ. пособие / Под ред. М.В. Гусева. — М.: Изд-во МГУ, 1982. — 191 с.
12. Пашкевич Н.А. Фенотипічна мінливість хвої видів роду *Pinus* L. на території України // Укр. ботан. журн. — 2005. — 62, № 5. — С. 657—665.
13. Пересипкіна Т.М., Дубова О.В., Фендюр Л.М. Фізіолого-біохімічні особливості рослин в умовах промислового забруднення середовища // Укр. ботан. журн. — 1997. — 54, № 5. — С. 469—473.
14. Починок Х.Н. Методы биохимического анализа растений. — Киев: Наук. думка, 1976. — 336 с.
15. Федорков А.Л. Изменчивость признаков анатомического строения хвои сосны и ее устойчивость к техногенному и климатическому стрессу // Экология. — 2002. — № 3. — С. 70—72.
16. Федорова А.И., Никольская А.Н. Практикум по экологии и охране окружающей среды. — М.: ВЛАДОС, 2001. — 288 с.

Рекомендує до друку
І.В. Косаківська

Надійшла 26.02.2007

Г.Г. Москалик, С.С. Костышин

Черновицкий национальный университет имени Юрия Федьковича

МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ *PICEA PUNGENS* «*GLAUCA*» В УСЛОВИЯХ УРБОЭКОСИСТЕМЫ (НА ПРИМЕРЕ г. ЧЕРНОВЦЫ)

Рассматриваются морфологические, анатомические и физиологические особенности *Picea pungens* под действием антропопрессинга. Установлено увеличение количества некротизированной хвои, уменьшение ее линейных размеров. Предлагается показатели диаметра смоляных каналов и содержания хлорофилла *a* использовать как биотест загазованности воздуха.

Ключевые слова: *Picea pungens* «*Glauca*», некрозы, мезофилл, хлорофилл, тяжелые металлы

G.G. Moskalyk, S.S. Kostyshyn

Yu. Fedkovich Chernovtsy National University

MORPHOPHYSIOLOGICAL PECULIARITIES OF *PICEA PUNGENS* «*GLAUCA*» UNDER CONDITIONS OF URBOEKOSYSTEM (USING CHERNIVTSY AS AN EXAMPLE)

The morphological, anatomic and physiological peculiarities of *Picea pungens*, under investigation conditions of antropological influence are shown. The decreasing of lines sizes and increasing of amount of chlorophyll *a* are suggested to use for biotesting of air pollution.

Key words: *Picea pungens* «*Glauca*», necrosis, mesophyll, chlorophyll, heavy metals.