

УДК 581.2 + 581.522.4

**БІОМЕТРИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПАГОНІВ
PICEA PUNGENS ЗА ДІЇ ПРОМИСЛОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ**

Юсупіва Т.І.

Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара

JusypivaTatjana@i.ua

Изучено влияние комплексного загрязнения среды выбросами автотранспорта и промышленного предприятия на биометрические показатели однолетнего побега *Picea pungens* Engelm (f. *viridis* Regel.) в условиях степного Приднепровья. Показано угнетение роста хвои под действием фитотоксикантов, что проявляется в снижении массы и длины игл. В то же время у растений *P. pungens*, произрастающих на техногенной территории, выявлены адаптивные механизмы компенсаторного типа: существенное увеличение годовых приростов побегов, количества хвоинок на модельной ветви и коэффициента охвоения побега.

Промышленное загрязнение, выбросы автотранспорта, Picea pungens Engelm, однолетние побеги, биометрические показатели, фитоиндикация

Аеротехногенна дія на ліси викликає негативні зміни на різних рівнях екосистемної організації, призводить до загибелі окремих видів і ценозів та деградації насадження в цілому [1, 8, 16]. За динамікою реакцій-відповідей морфометричних параметрів хвойних рослин можна оцінити екологічний стан і рівень деградації міського середовища, а також межі стійкості рослин до техногенного забруднення [10, 13]. Асиміляційні органи визначають функціонування деревної рослини, причому для голонасінних виявлена кореляція росту і розвитку хвої з динамікою зміни біомаси дерева в цілому, його продуктивністю і станом у наступні роки [14]. Листковому апарату хвойних властиве багаторічне існування, але тривалість життя хвої залежить від дії екологічних факторів і віку дерев [11 та ін.].

Ялина колюча належить до хвойних порід з високими естетичними, декоративними та фітонцидними якостями, тому її форми із зеленою, сріблястою, блакитною і сизою хвоєю широко використовуються для озеленення населених пунктів України, у тому числі й м. Дніпро [7].

Зважаючи на це, мета роботи – дослідити вплив комплексного забруднення середовища токсичними газами та важкими металами на біометричні показники однорічного пагона *Picea pungens* Engelm. в умовах степового Придніпров'я.

Матеріали та методи досліджень

Об'єктами дослідження були однорічні пагони ялини колючої *Picea pungens* Engelm. (*f. viridis* Regel.) із родини Соснові (*Pinaceae*), роду Ялина, або Смерека (*Picea* A. Dietr.). Збирання матеріалу проводили у 2011 р. на двох пробних ділянках: дослідній, яка прилягає до автотраси і ВАТ «Інтерпайп Нижньодніпровський трубопрокатний завод» м. Дніпро, джерела токсичних газів (SO_2 , NO_x), CO і важких металів (Mn, Cu, Zn, Ni, Pb, Cd) [5, 6, 12], та контрольній зоні – території Ботанічного саду Дніпровського національного університету ім. Олеся Гончара, де концентрації забруднювачів не перевищують ГДК [5, 12].

Проби ялини колючої відбирали з модельних дерев одного вікового стану з гілок середнього ярусу південно-східного боку крони. На кожній пробній ділянці було відібрано по 60 однорічних пагонів, які відрізнялися порядком галуження: пагони подовження скелетних гілок (осі II порядку) та бічні пагони галуження (осі III порядку). Біометричні показники пагонів вимірювали за загальноприйнятими методиками [4]. Коефіцієнт інтенсивності росту хвої розраховували за Т.О. Сухаревою [15] як відношення маси хвої до її довжини, коефіцієнт охвоєння – як співвідношення річної кількості хвої бічних пагонів до загальної її маси – за методикою, описаною [3].

Результати експерименту оброблені статистично за допомогою програми *STATGRAFICS Centurion XV*. Розраховували середню арифметичну похибку, для порівняння вибірок використовували t-критерій Стьюдента з попередньою оцінкою вибірки на нормальність.

Результати та їх обговорення

Проведені нами дослідження свідчать про сильний та неоднозначний вплив техногенного забруднення середовища на морфометричні параметри однорічного пагона *P. pungens*.

Аналіз таблиці 1 свідчить, що діаметр стебла як пагонів подовження, так і пагонів галуження за дії промислових фітотоксикантів практично не змінюється порівняно з контролем (відмінності між контрольним і дослідним значеннями цього показника недостовірні при $p < 0,05$). У той же час річні прирости бічних пагонів осей II та III порядків *P. pungens* під впливом промислового забруднення та вихлопів автотранспорту істотно зростають відносно контрольних величин: для пагонів подовження скелетних гілок цей показник складає 158,8 % від довжини однорічного пагона рослин умовно чистої зони, для пагонів

галуження – 154,3 % відповідно. І.І. Коршиков [9] вважає, що такий ефект пов'язаний з тим, що промислові емісії, що містять нітроген, можуть бути кореневим живленням.

Подібні результати в умовах міського середовища виявили І. Приступа, Т. Романчук (2009) для *Juniperus sabina* L., водночас у *J. communis* L. показник річного приросту пагона знижується порівняно з контролем, а у *J. virginiana* L. – практично не змінюється [13].

Таблиця 1 – Вплив промислового забруднення на біометричні показники однорічного пагона *Picea pungens*

Table 1 – The influence of industrial pollution on biometric indicators of an annual shoot of the *Picea pungens*

Вид	Контроль (n=60), $M \pm m$	Проммайданчик (n=60), $M \pm m$	t
Річний приріст бічного пагона, см: - подовження скелетних гілок (осі II порядку)	8,50 ± 0,31	13,50 ± 1,10	3,15
- галуження (осі III порядку) Діаметр стебла, мкм	6,34 ± 1,19	9,78 ± 1,28	1,97
- подовження скелетних гілок - галуження	2521,75 ± 133,40 2266,75 ± 222,51	2516,33 ± 172,16 2222,19 ± 18,62	0,03 0,20

Примітка: $t_{\text{табл.}} = 1,96$

Як виявили наші дослідження, загальна кількість хвоїнок на модельній гілці *P. pungens* із техногенної зони перевищує значення параметра у контрольних рослин (на 9,0 %), тому коефіцієнт охвоєння в умовах антропогенного навантаження теж зростає. Переважна більшість хвоїнок і контрольних, і дослідних рослин ялини колючої живі, не мають пошкоджень і нормально фотосинтезують (табл. 2). Лише мізерна їх кількість (0,1 % у чистій зоні та 0,3 % в умовах проммайданчика) внаслідок пошкоджень всихають і втрачають здатність до фотоасиміляції.

Довжина і маса хвоїнки *P. pungens* виявилися чутливими до дії забруднювальних сполук, бо значення цих ростових параметрів голок у рослин проммайданчика суттєво знижуються порівняно з контрольними величинами: довжина на 27,0, а маса – на 21,1 % відповідно (табл. 2). У зв'язку з цим збільшення охвоєння пагонів в умовах техногенного тиску може певною мірою компенсувати зменшення в об'єкті дослідження асиміляційної поверхні хвої. Зростання кількості хвоїнок на пагонах ми вважаємо адаптаційною реакцією *P. pungens* до дії стрес-факторів середовища, оскільки це

дає можливість рослині зберегти інтенсивність фотосинтезу на рівні, достатньому для росту і розвитку організму.

Таблиця 2 – Вплив промислового забруднення на показники асиміляційного апарату *Picea pungens*

Table 2 – The influence of industrial pollution on assimilation apparatus indicators of the *Picea pungens*

Показник	Контроль (n=60), $M \pm m$	Проммайданчик (n=60), $M \pm m$	<i>t</i>
Кількість хвоїнок на модельній гілці, шт.:			
- загальна	1648,55 \pm 20,17	1797,42 \pm 46,79	2,92
- живих хвоїнок	1646,57 \pm 21,29	1791,82 \pm 32,13	3,77
- усохлих хвоїнок	1,98 \pm 0,39	5,60 \pm 0,72	4,42
Коефіцієнт охвоєння пагона	0,058 \pm 0,001	0,073 \pm 0,002	6,71
Довжина хвоїнки, мм	27,26 \pm 3,03	19,90 \pm 0,12	2,43
Ширина хвоїнки, мм	0,98 \pm 0,12	0,73 \pm 0,14	1,36
Маса хвоїнки, мг	17,28 \pm 1,38	13,63 \pm 0,23	2,61
Коефіцієнт росту хвої, мг/мм	0,62 \pm 0,06	0,68 \pm 0,05	0,28

Примітка: $t_{\text{табл.}} = 1,96$

Наші дані узгоджуються з роботами інших авторів. Так, Е.В. Сарбаєва та О.Л. Воскресенська [14] встановили, що у *Thuja occidentalis* L. у міських екосистемах відбувається зменшення довжини хвоїнок, але збільшується їх кількість на пагоні, причому у сильно пригнічених особин кількість хвоїнок майже на 20 % більша ніж у здорових рослин. Т.О. Сухарева [15] виявила збільшення частки хвої у складі надземної фітомаси деревостанів *Picea obovata* Ledeb. і їх річної продукції одночасно зі зниженням частки стовбурної деревини, що, за думкою автора, свідчить про переорієнтацію метаболізму дерев на підтримання своєї життєздатності шляхом відновлення хвої, яка опала передчасно чи була втрачена внаслідок некрозів, та є біоекологічною захисною реакцією рослин в умовах забруднення довкілля.

На зменшення лінійних розмірів хвої вказують також й інші вчені [3,15]. Т.І. Великородько [3] досліджувала цей процес у рослин *Pinus sylvestris* L., які зростають в районі ТЕСі СВО «Азот» (Донецька область). У найбільш пошкоджених емісіями хімкомбінатів рослин спостерігався зворотний ефект: хвоя була довшою, ніж у рослин умовно чистої зони, як у роки високого

техногенного навантаження, так і в роки істотного зниження валових викидів хімікомбінатів.

В.П. Бессонова та О.А. Пономарьова [2] виявили зменшення довжини, площі та маси хвоїнки у рослин *P. pungens*, що зростають на розподільній смузі шосе та на відстані 10 м від нього, що автори пояснюють високою інтенсивністю руху автотранспорту (близько 35 тис. авто за добу) та іншими екологічними чинниками (засолення ґрунту внаслідок зчищення на розподільну смугу снігу і льоду, оброблених антифризами, зростання концентрацій неорганічних аніонів та поліхлорованих фенолів унаслідок викидів дорожнім автотранспортом і зимового обслуговування). При цьому на віддаленні 120 м від автошляху значення морфометричних показників хвої практично не відрізнялись від контрольних величин.

Т.О. Сухаревою [15] показано, що в умовах промислового забруднення коефіцієнт росту хвої є діагностичною ознакою стану рослин *Picea obovata* Ledeb. і запропоновано використовувати цей показник для оцінювання життєвого стану хвойних порід. Результати вивчення нами даної характеристики хвої свідчать, що для *P. pungens* вона не є інформативною ознакою стану рослин у промисловій зоні, оскільки за дії фітотоксикантів практично не змінюється (відмінності між контрольним і дослідним значеннями цього показника недостовірні при $p < 0,05$).

Таким чином, вивчення біометричних характеристик бічних пагонів *P. pungens* показало, що в техногенних умовах зростання має місце пригнічення росту асиміляційного апарату. Одночасно відбувається стимуляція ростових процесів у стеблах, а також закладання на пагонах більшої кількості метамерів. Суттєве зростання за дії полікомпонентного забруднення середовища річних приростів пагонів ялини колючої, і, як наслідок, підвищення кількості хвоїнок на модельній гілці й коефіцієнту охвоєння ми відносимо до адаптивних механізмів компенсаторного типу. Ці реакції-відповіді рослин на стрес, викликаний антропогенним забрудненням середовища, спрямовані на підтримання на належному рівні здатності до фотосинтезу й збереження життєздатності *P. pungens* в умовах хронічної дії на рослини SO_2 , NO_x , CO і важких металів.

Висновки

1. Під впливом промислових емісій ростові процеси у рослин ялини колючої мають спрямовані зміни, а саме: в техногенних умовах зростання має місце пригнічення росту

хвоїнок, що проявляється у зменшенні порівняно з контролем їх довжини та маси.

2. До адаптивних механізмів компенсаторного типу належать суттєве зростання за дії полікомпонентного забруднення середовища річних приростів пагонів *P. pungens*, підвищення кількості хвоїнок на модельній гілці й коефіцієнту охвоєння.

3. Проведені дослідження свідчать про середню стійкість біометричних характеристик однорічного пагона *P. pungens* (f. *viridis* Regel.) до викидів ВАТ «Інтерпайп Нижньодніпровський трубопрокатний завод» та автотранспорту, тому цю деревну породу можна використовувати в озелененні техногенних територій, забруднених комплексом речовин (SO₂, NO_x, CO, тверді домішки, у тому числі важкі метали манган, мідь, цинк, нікель, свинець, кадмій).

Література:

1. Бессонова В.П. Семенное возобновление древесных растений и промышленные поллютанты (SO₂ и NO₂) / В.П. Бессонова, Т.И. Юсыпова. – Запорожье: ЗДУ, 2001. – 193 с.

Bessonova V.P. Semennoie vozobnovlenie drevesnykh rasteniy i promyshlennyye pollutanty (SO₂ i NO₂) / V.P. Bessonova, T.I. Iusypiva. – Zaporozhie: ZaporizhyaUniversityPress, 2001. – 193 s.

2. Бессонова В.П. Морфометричні показники та вміст пластидних пігментів хвої *Picea pungens* Engelm. залежно від відстані до автошляху / В.П. Бессонова, О.А. Пономарьова // Вісник ДНУ. – 2017. – 25(2). – С. 96–101.

Bessonova V.P. Morfometrychni pokaznyky ta vmist plastydnykh pihmentiv khvoyi Picea pungens Engelm. zalezhno vid vidstani do avtoshlyakhu / V.P. Bessonova, O.A. Ponomar'ova // Visnyk DNU. – 2017. – 25(2). – S. 96–101.

3. Великородько Т.І. Стійкість і мінливість сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) в техногенно забруднених умовах південного сходу України: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук: 03.00.16. – Дніпропетровськ. – 2002. – 19 с.

Velykorod'ko T.I. Stiykist' i minlyvist' sosny zvychnoyoi (Pinus sylvestris L.) v tekhnohenno zabrudnennykh umovakh pivdennoho skhodu Ukrayiny: avtoref. dys. na zdobuttya nauk. stupenya kand. biol. nauk: 03.00.16. – Dnipropetrovs'k. – 2002. – 19 s.

4. Григора І.М. Польовий практикум з ботаніки / І.М. Григора, Б.Є. Якубенко. – К.: Арістей, 2005. – 340 с.

Hryhora I.M. Pol'ovyy praktykum z botaniky / I.M. Hryhora, B.Ye. Yakubenko. – K.: Aristey, 2005. – 340 s.

5.Ємець М.А. Оцінка стану території міста Дніпропетровська за ступенем забруднення атмосферного повітря / М.А.Ємець, Я.Я.Сердюк // Екологія та природокористування. – 2003. – Вип. 6. – С. 200–207.

Yemets' M.A. Otsinka stanu terytoriyi mista Dnipropetrovs'ka za stupenem zabrudnennya atmosferneho povitrya / M.A.Yemets', Ya.Ya.Serdyuk // Ekolohiya ta pryrodokorystuvannya. – 2003. – Vyp. 6. – S. 200–207.

6.Екологічний паспорт Дніпропетровської області (2011 р.) / Оксамитний О.Ф. та ін. – Електронний ресурс. – Режим доступу: <http://www.menr.gov.ua>.

Ekologichnij passport Dnipropetrovs'koi oblasti (2014) / Oksamytniy O.F. et al. (2011 r.). – Elektronniy resurs. – Rezhim dostupu: <http://www.menr.gov.ua>.

7.Зайцева І.О. Путівник по ботанічному саду ДНУ / І.О. Зайцева, В.Ф. Опанасенко. – Д.: ПБВ ДНУ, 2008. – 112 с.

Zaytseva I.O. Putivnyk po botanichnomu sadu DNU / I.O.Zaytseva, V.F. Opanasenko. – D.: RVV DNU, 2008. – 112 s.

8.Коваль І.М. Динаміка радіального приросту і санітарного стану соснових деревостанів в умовах аеротехногенного забруднення в Поліссі та Степу: Автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 06.03.03 / УкрНДІ ліс. госп-ва і агролісомеліорації. – Х., 2002. – 18 с.

Koval' I.M. Dynamika radial'noho pryrostu i sanitarnoho stanu sosnovykh derevostaniv v umovakh aerotekhnogennoho zabrudnennya v Polissi ta Stepu: Avtoref. dys. ... kand. s.-h. nauk: 06.03.03 / UkrNDI lis. hosp-va i ahrolisomeliioratsiyi. – Kh., 2002. – 18 s.

9.Коршиков І.І. Адаптація рослин к умовам техногенно забрудненої середовища / І.І. Коршиков. – К.: Наукова думка, 1996. – 238 с.

Korshikov I.I. Adaptaciya rastenij k usloviyam tekhnogenno zagryaznenoj sredy / I.I. Korshikov. – K.: Naukova dumka, 1996. – 238 s.

10.Кузьмичев В.В. Реакция лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.) на техногенное воздействие городской среды / В.В. Кузьмичев, Е.В. Авдеева // Хвойные бореальной зоны. – 2007. – XXIV, № 1. – С. 36–42.

Kuz'michev V.V. Reakciya listvennicy sibirskoj (Larix sibirica Ledeb.) na tekhnogennoe vozdejstvie gorodskoj sredy / V.V. Kuz'michev, E.V. Avdeeva // Hvojnye boreal'noj zony. – 2007. – XXIV, № 1. – S. 36–42.

11. Мартынюк А.А. Сосновые экосистемы в условиях аэротехногенного загрязнения / А.А. Мартынюк. – М.: ВНИИЛМ, 2006. – 216 с.

Martyinyuk A.A. Sosnovyie ekosistemyi v usloviyah aerotekhnogennogo zagryazneniya / A.A. Martyinyuk. – M.: VNIILM, 2006. – 216 s.

12. Пасічний Г.В. Динаміка важких металів в ґрунтовому покриві у зв'язку з техногенним забрудненням оточуючого середовища (на прикладі м. Дніпропетровська) / Г.В. Пасічний, В.М. Сердюк // Екологія та природокористування. – 2002. – Вип. 4. – С. 111–117.

Pasichnyu H.V. Dynamika vazhkykh metaliv v gruntovomu pokryvi u zv'yazku z tekhnohennym zabrudnennym otokhuuyuchoho seredovyshcha (na prykladi m. Dnipropetrovs'ka) / H.V. Pasichnyu, V.M. Serdyuk // Ekolohiya ta pryrodokorystuvannya. – 2002. – Vyp. 4. – S. 111–117.

13. Приступа И. Некоторые биоэкологические особенности представителей рода *Juniperus* L., произрастающих в условиях промышленного города / И. Приступа, Т. Романчук // Вісник Київського національного ун-ту. Інтродукція та збереження рослинного різноманіття. – 2009. – Вип. 27. – С. 136–138.

Pristupa I. Nekotorye bioekologicheskie osobennosti predstavitelej roda *Juniperus* L., proizrastayushchih v usloviyah promyshlennogo goroda / I. Pristupa, T. Romanchuk // Visnik Kiïvs'kogo nacional'nog un-tu. Introdukciya ta zberezheniya roslinnogo riznomanittya. – 2009. – Vip. 27. – S. 136–138.

14. Сарбаева Е.В. Некоторые аспекты устойчивости туй западной в городских экосистемах / Е.В. Сарбаева, О.Л. Воскресенская. – 2008. – Электронный ресурс. – Режим доступу:

<http://new.marsu.ru/GeneralInformation/structur/HelpUnits/libr/resources/thuja/gl3.html>.

Sarbaeva E.V. Nekotorye aspekty ustojchivosti tui zapadnoj v gorodskih ehkosistemah / E.V. Sarbaeva, O.L. Voskresenskaya. – 2008. – Elektronniy resurs. – Rezhim dostupu: <http://new.marsu.ru/GeneralInformation/structur/HelpUnits/libr/resources/thuja/gl3.html>.

15. Сухарева Т.А. Химический состав и морфометрические характеристики хвои ели сибирской в условиях воздушного промышленного загрязнения: Дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16 / Аналиты, 2004. – 228 с. – РГБ ОД, 61:05-3/68.

Suhareva T.A. *Himicheskij sostav i morfometričeskie harakteristiki hvoi eli sibirskoj v uslovijah vozdušnogo promyšlennogo zagryazneniya: Dis. ... kand. biol. nauk: 03.00.16 / Apatity, 2004. – 228 s. – RGB OD, 61:05-3/68.*

16. Ярмишко В.Т. *Сосна обыкновенная и атмосферное загрязнение на Европейском Севере / В.Т. Ярмишко. – СПб.: НИИ химии СПбГУ, 1997. – 210 с.*

Yarmishko V.T. *Sosna obyknovennaya i atmosfernoe zagryaznenie na Evropejskom Severe / V.T. Yarmishko. – SPb.: NII himii SPbGU, 1997. – 210 s.*

BIOMETRICS OF THE SHOOTS OF *PICEA PUNGENS* UNDER INDUSTRIAL POLLUTION

Iusypiva T.I.

Oles Honchar Dnipro National University

JusypivaTatjana@i.ua

The paper studies the influence of integrated pollution emission from vehicles and industrial enterprises on biometric indicators of annual shoots of the blue spruce *Picea pungens* Engelm (*f. viridis* Regel.) in the conditions of the steppe Prydniprov'ya. The research material was collected in 2011 in the two sample areas: the test area, which is contaminated with CO, SO₂, NO_x, Mn, Cu, Zn, Ni, Pb, Cd, and the control area.

It was found that when the plants of blue spruce are exposed to industrial emissions, controlled changes in the growth processes occur, namely there is an inhibition of needlegrowth under man-made conditions, which is evident in the reduction of their length and weight compared to the reference data. Exposure to industrial action of phytotoxic pollutants brings insignificant changes in the diameter of the stem of annual shoots of *P. pungens* compared to that in the reference area. The study revealed adaptive compensatory mechanisms of plants, which undergo multicomponent pollution. They include significant annual growth of lateral shoots, increase of the number of needles on the model branch and a needle-packing factor. These are responses of the blue spruce trees to the stress caused by man-made pollution, aimed at maintaining the proper level of photosynthesis and the ability to preserve the viability of *P. pungens* under conditions of chronic effects of CO, SO₂, NO₂ and heavy metals on the plants.

Our studies show high resistance of biometrics of annual shoots of *P. pungens* (*f. viridis* Regel.) to emissions of OJSC Nizhnedneprovsky Tube-Rolling Plant «INTERPIPE NTRP» and vehicles, so these tree species can be used in landscaping in manmade

areas contaminated with complex substances (SO₂, NO_x, CO, solid impurities, including heavy metals, manganese, copper, zinc, nickel, lead, cadmium).