

## ЗМІНИ АНАТОМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СТЕБЛА ОДНОРІЧНОГО ПАГОНА *BETULA PENDULA* ROTH. ЗА ДІЇ АНТРОПОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ

Т. Юсипіва

Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара  
просп. Гагаріна, 72, Дніпропетровськ 49010, Україна  
e-mail: JussyryvaTatjana@i.ua

Досліджено дію антропогенного навантаження на анатомічну будову стебла одnorічного пагона *Betula pendula* Roth. в умовах степового Придніпров'я. Показано зменшення у стеблах рослин забрудненої зони товщини корку, коленхіми і корової паренхіми, внаслідок чого ширина первинної кори знижується. Виявлено зменшення товщини вторинної кори за рахунок зниження ширини ділянок твердого лубу в умовах хронічного впливу на рослини токсичних газів і важких металів. Встановлено, що товщина серцевини та деревини в умовах антропогенного тиску падає, причому найсуттєвіше змінюється малий діаметр серцевини. Виявлено зменшення діаметра стебла *B. pendula* за рахунок зниження товщини всіх гістологічних елементів під впливом промислового забруднення та викидів автотранспорту. Запропоновано тест-параметри для фітоіндикації полікомпонентного забруднення навколишнього середовища (СО, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, Mn, Cu, Zn, Ni, Pb, Cd) і стану дерев виду *B. pendula* у техногенних зонах міст.

*Ключові слова:* гістологічні показники стебла, *Betula pendula* Roth., техногенне забруднення, фітоіндикація.

Нагальною екологічною проблемою Дніпропетровської області є забруднення атмосферного повітря, водойм, ґрунтів викидами промислових підприємств і автотранспорту [6]. Першочерговим у комплексі заходів для покращення екологічної обстановки є підвищення лісистості регіону [11], оскільки деревні насадження є зеленим фільтром, що очищує атмосферне повітря від забруднювальних речовин. Одночасно й самі рослини потерпають від фітотоксикантів, про що свідчить деградація природних і штучних фітоценозів у зонах із високим рівнем антропогенного навантаження [1]. Для створення та реконструкції зелених захисних зон навколо промислових підприємств і автошляхів необхідно використовувати такі деревні й чагарникові породи, які поєднують високі естетичні якості з належним рівнем стійкості до токсичних газів і важких металів [8, 9]. В умовах степового Придніпров'я вкрай важливими характеристиками є також морозо- та посухостійкість рослин [7]. Отже, вивчення біолого-екологічних характеристик деревних порід, які застосовуються в системі зеленого будівництва, дає можливість оцінити їхню перспективність для озеленення техногенних територій. Крім того, підвищення рівня екологічної безпеки неможливе без моніторингу стану екосистем [11], складовою ланкою якого є фітоіндикація.

Для інтегрального оцінювання життєздатності рослин в умовах дії екстремальних факторів довкілля вирішальне значення має еколого-анатомічний метод [2, 21]. Він дає уявлення про функціонування фізіолого-біохімічних механізмів росту й розвитку як у нормальних, так і у стресових умовах існування, оскільки процеси формування та диференціації тканин пагона є структурним відображенням ростових процесів [2]. Гістологічні показники рослин можуть також виступати біоіндикаторами техногенного

забруднення та використовуватись як чутливі тест-параметри в моніторингових дослідженнях стану рослин у забруднених зонах [5, 25].

Деревні породи родового комплексу *Betula* мають високі декоративні якості, тому є привабливими об'єктами для створення міських ландшафтних композицій. Однак стійкість представників цього роду до забруднювальних речовин вивчена недостатньо. У літературних джерелах трапляються окремі відомості про вплив промислових емісій на біометричні показники пагона [16] й анатомічну будову листків *B. pendula* [26], гістологічну структуру стебла *B. papyrifera* Marsh. [24], хронічну дію викидів автотранспорту на насінневу продуктивність *B. pendula* [23]. Досліджень чутливості анатомічних характеристик стебла *B. pendula* до техногенного забруднення в умовах Південного Сходу України практично немає.

Зважаючи на вищевикладене, мета нашої роботи – проаналізувати зміни гістологічної будови стебла однорічного пагона *Betula pendula* Roth. за дії антропогенного стресу в умовах степового Придніпров'я.

#### Матеріали та методи

Збір матеріалу проводили у вересні 2011 р. на двох пробних ділянках. Дослідна ділянка була розміщена на території, прилеглій до Слобожанського проспекту (колишній просп. ім. газети «Правда»), – автотраси з потужним рухом вантажних і легкових автомобілів, і ПАТ «Інтерпайп Нижньодніпровський трубопрокатний завод», одного з небезпечних екологічних об'єктів м. Дніпропетровська. Частка основних забруднювальних речовин у загальному обсязі викидів підприємства у 2011 р. становила: CO – 46,6%, NO<sub>x</sub> – 31,1%, SO<sub>2</sub> – 5,3%, тверді речовини – 1,8% [6]. У ґрунтах дослідної ділянки досить висока концентрація важких металів: Mn – 1525, Cu – 89, Zn – 1149, Ni – 227, Pb – 194,5, Cd – 17 мг/кг [10]. Контрольна (умовно чиста) зона розташована на території Ботанічного саду Дніпропетровського національного університету ім. Олеся Гончара, де концентрації забруднювачів не перевищували гранично допустимих концентрацій [10, 14].

Об'єктом дослідження були береза повисла *Betula pendula* Roth., або береза бородавчата *Betula verrucosa* Ehrh. Це один із найпоширеніших в Україні представників родини Березові (*Betulaceae*, рід *Betula* L.). Вид є аборигенним для наших лісів, зрідка трапляється у степу (по долинах уздовж великих річок) і широко застосовується для озеленення міст.

На кожній із моніторингових ділянок з кількох модельних дерев відбирали по 30 однорічних пагонів. Зразки фіксували у 96%-ному етанолі. Поперечні зрізи стебла робили на відстані 2 см від основи пагона. Для ідентифікації здерев'янілих клітин використовували 1% розчин флороглюцину [12]. Товщину тканин вимірювали за допомогою світлового мікроскопа при збільшенні у 56 разів. Повторність дослідження становила 30 зрізів стебла для кожної моніторингової точки. Результати дослідження обробляли за допомогою багатфункціонального пакета прикладних програм «STATGRAFICS». Розраховували середню арифметичну похибку. Для порівняння анатомічних показників стебла *B. pendula* контрольного та дослідних варіантів використовували Student's t-test ( $p \leq 0,05$ ) з попередньою оцінкою розподілу вибірки на нормальність [13].

#### Результати і їхнє обговорення

Вивчення комплексного впливу промислових викидів і автотранспорту на гістологічну будову стебла однорічного пагона *B. pendula* виявило високу чутливість анатомічних показників до негативної дії фітотоксикантів (табл. 1–2, рис. 1–2).

Як видно з табл. 1, товщина первинної кори стебла однорічного пагона *B. pendula* в умовах промислових емісій токсичних газів, важких металів і їхніх сполук знижується на

18,2% порівняно з контролем. Це відбувається внаслідок зменшення товщини практично усіх гістологічних елементів первинної кори. Зовнішнім шаром її є корок, який захищає стебло від впливу будь-яких негативних факторів довкілля. У рослин, які ростуть в умовах техногенного забруднення, товщина корку зменшується щодо контролю на 18,8%. Зважаючи на те, що фелема на пропускає газів і рідини [22], має слабку теплопровідність і добре захищає рослини від посухи, перегріву та інших екстремальних чинників зовнішнього середовища [2], зниження товщини цієї тканини в умовах антропогенного навантаження може зменшити захисні властивості корку до несприятливих умов довкілля та підвищувати чутливість дерев *B. pendula* до токсичних газів, важких металів й інших негативних впливів.

Наступним шаром первинної кори стебла є механічна тканина коленхіма. Вона складається з 5–7 рядів щільно прилягаючих одна до одної клітин з потовщеними стінками (пластинчастий тип). Товщина коленхіми у стеблах *B. pendula* за дії токсичних газів і важких металів суттєво знижується і становить 85,7% від контролю. Оскільки в однорічних пагонах корок розвинений слабо, зменшення у первинній корі об'єму механічної тканини, яка теж має захисні властивості, може негативно позначитися на розміщених глибше тканинах стебла. Товщина корової паренхіми, яка розташована під коленхімою та є внутрішнім шаром первинної кори стебла *B. pendula*, знижується найсуттєвіше (на 37,5% порівняно з контрольною величиною).

Таблиця 1

Вплив антропогенного забруднення на товщину тканин корової частини стебла однорічного пагона *Betula pendula* (мкм;  $M \pm m$ ;  $n=30$ )

Показник	Контроль	Забруднена зона	<i>t</i>	% від контролю
Первинна кора стебла				
Корок	32,26±0,001	26,21±2,03	2,98	81,2
Коленхіма	112,91±0,02	96,78±7,62	2,12	85,7
Паренхіма кори	32,26±0,01	20,16±3,65	3,32	62,5
Первинна кора	177,43±0,01	145,17±8,63	3,74	81,8
Вторинна кора стебла				
М'який луб	84,64±4,20	78,63±3,77	1,07*	92,9
Твердий луб	60,49±5,44	44,36±5,70	2,05	73,3
Вторинна кора	145,17±10,81	116,94±8,07	2,09	80,6

**Примітка:** \* – різниця статистично недостовірна при  $p \leq 0,05$  порівняно з контролем.

Згідно з літературними даними, первинна кора стебла дерево-чагарникових рослин своєю гістологічною структурою є досить чутливою до дії негативних факторів середовища. Так, в умовах хронічного впливу токсичних газів  $SO_2$  та  $NO_2$  на рослини *Cara-gana arborescens* Lam. виявлено зниження товщини первинної кори стебла як в основі, так і на верхівці однорічного пагона за рахунок зменшення корової паренхіми в обох частинах пагона, а розмірів корку і коленхіми – лише на його верхівці [15]. Т. І. Юсупівою, О. М. Подолкіною (2010) встановлено, що за дії на рослини *Robinia pseudoacacia* L. оксидів сульфуру (IV) та нітрогену (IV) у рослин віком до 1 року збільшується товщина корку, коленхіми і первинної кори, хоча у підросту ці показники практично не змінюються порівняно з контролем [17].

Для аналізу дії антропогенного навантаження на процес формування покривних тканин стебла слід аналізувати значення гістологічних показників не лише в абсолютних, але й у відносних величинах, тобто частку кожної тканини у відсотках щодо загальної ширини первинної кори пагона. Як видно з рис. 1, викиди автотранспорту і ПАТ «Інтерпайп Нижньодніпровський трубопрокатний завод» викликають зміни у співвідношенні

складових частин первинної кори у дослідженого виду. Так, частка корку майже не змінюється, товщина колєнхіми від загального об'єму кори зростає, а корової парєнхіми – зменшується порівняно з умовно чистою зоною. Отже, структурні перебудови в коровій частині пов'язані, головним чином, зі зміною співвідношення механічної тканини та корової парєнхіми.

Формування вторинної кори стебла має важливе значення для нормальної життєдіяльності рослинного організму, оскільки вона забезпечує відтікання продуктів фотоасиміляції від фотосинтезувальних до інших органів рослини, а також є вмістищем запасу поживних речовин. Гістологічна будова флоєми в об'єкта дослідження має специфічні структурні риси: твердий луб утворює у м'якому суцільне кільце, в якому ділянки сильно лігніфікованих інтенсивно забарвлених флороглюцином луб'яних волокон чергуються з відносно слабо лігніфікованими та світлими ділянками.

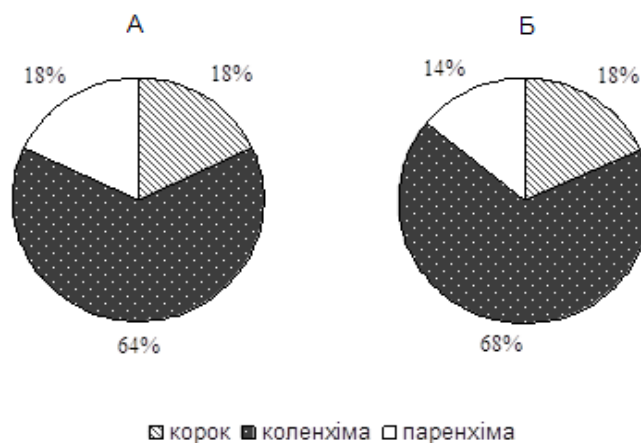


Рис. 1. Вплив антропогенного забруднення на співвідношення гістологічних елементів первинної кори стебла однорічного пагона *Betula pendula*, %. Моніторингові точки: А – контроль; Б – забруднена зона.

Аналіз товщини гістологічних елементів цієї частини стели свідчить, що хронічна дія на рослини *B. pendula* комплексного забруднення навколишнього середовища призводить до змін у формуванні флоєми (табл. 1). Так, ширина твердого лубу в умовах техногенезу зменшується на 26,7% порівняно з контролем, а товщина провідних елементів вторинної кори та луб'яної парєнхіми практично не змінюється порівняно з такою у рослин із умовно чистої зони (різниця між контрольним і дослідним варіантами недостовірна при  $p \leq 0,05$ ). Оскільки механічна тканина вторинної кори захищає ситоподібні трубки з клітинами-супутницями від здавлювання, зниження товщини шару луб'яних волокон може негативно позначитися на функціонуванні дерев *B. pendula* у промислових зонах міста. Унаслідок зміни товщини твердого лубу ширина вторинної кори стебла у дослідних дерев зменшується порівняно зі значенням цього показника у рослин умовно чистої зони на 19,4%.

Слід зазначити, що за літературними даними, ця частина стебла у деревних і чагарникових рослин є чутливою до дії техногенних факторів довкілля. Так, З. В. Грицай (2002) спостерігала збільшення товщини вторинної кори в однорічних пагонах представників роду *Acer* L. під впливом викидів коксохімічного заводу: у *A. pseudo-platanus* L. і *A. platanoides* L. за рахунок провідних елементів флоєми, у *A. negundo* L. і *A. tataricum* L. – унаслідок збільшення товщини м'якого й твердого лубу [4]. Однак за дії

емісій Придніпровської ТЕС для тих же видів кленів виявлені трохи інші зміни розмірів гістологічних елементів вторинної кори стебла: підвищення її товщини порівняно з контролем лише у *A. pseudoplatanus*, зменшення – у *A. negundo* та *A. saccharinum* L. і відсутність змін у *A. platanoides* [3]. Абдуссалам зі співавт. (2015) зафіксували повне пошкодження вторинної флоєми у стеблах *Boerhavia diffusa* L. за дії важких металів кадмію, хрому та міді [20].

Деревина забезпечує транспортування води й елементів мінерального живлення по рослині та механічну міцність стебла [2, 22]. Будова деревини у *B. pendula* має такі особливості: в основі пагона ксилема однорідна, утворює суцільне кільце зі судинними елементами практично однакового діаметра. Оскільки серцевина має неправильну зірчасту форму, то радіус деревини змінювався залежно від того, у якому місці щодо серцевини розташовувалася ділянка ксилеми. Внаслідок цього ми вимірювали ширину деревини в кількох місцях зрізу й аналізували усереднену величину цього параметра. В умовах антропогенних емісій CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> та важких металів відбувається зниження радіуса ксилемної частини стебла на 33,7% порівняно з контрольним значенням (табл. 2).

Таблиця 2

Вплив антропогенного забруднення на діаметр серцевини й товщину деревини стебла однорічного пагона *Betula pendula* (мкм; M±m; n=30)

Показник	Контроль	Забруднена зона	t	% від контролю
Радіус деревини	334,70±24,20	221,79±15,44	3,93	66,3
Діаметр серцевини:				
великий	633,10±51,64	407,28±12,79	4,25	64,3
малий	431,48±15,44	245,98±63,77	2,83	57,0
Діаметр стебла	1729,94±91,60	1306,53±65,85	3,75	75,5

**Примітка:** \* – різниця статистично недостовірна при  $p \leq 0,05$  порівняно з контролем.

Відома дія промислових викидів на будову деревини у різних видів рослин. В. Т. Ярмішко (2012) виявив випадки часткового та повного випадіння річних шарів деревини у *Pinus sylvestris* L. і отримав значиму негативну кореляцію між приростом стебла по діаметру й обсягом двоокису сірки та твердих часток у викидах мідно-нікелевого комбінату [19]. Т. І. Юсупіва, З. В. Грицай (2014) спостерігали зниження на 25–30% товщини ксилеми у стеблах *Caragana arborescens* Lam. за дії промислових емісій SO<sub>2</sub> та NO<sub>2</sub> [15]. З.В. Грицай, Л.В. Шупранова (2015) встановили, що в умовах постійного впливу на рослини роду *Tilia* L. емісій Придніпровської ТЕС ширина деревини стебла на забрудненій ділянці зменшується у *T. platyphyllos* Scop., не відрізняється від контролю у *T. europaea* L. та відкладається нерівномірними шарами у *T. cordata* Mill. [5].

Отже, отримані нами дані, а також результати інших науковців свідчать про високу чутливість вторинної ксилеми до антропогенного навантаження, що проявляється у змінах кількісних і якісних показників деревини.

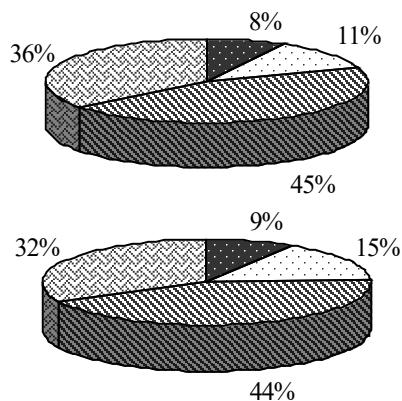
Серцевинна частина стебла у *B. pendula* складається із великих за діаметром клітин, які у пагонах деревних і чагарникових рослин виконують запасну функцію. Як уже відзначено нами вище, серцевина на поперечному розрізі стебла має форму багатокутника. Ця ділянка центрального циліндра стебла в основі пагона в умовах техногенезу значно знижується, причому спостерігається падіння значень обох діаметрів серцевини – і малого, і великого (табл. 2). Так, великий діаметр зменшується на 35,7% щодо контрольної величини, а малий відповідно на 43,0%.

Усі виявлені зміни у товщині гістологічних елементів стебла однорічного пагона *B. pendula*, які є результатом впливу промислових емісій CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, а також сполук

важких металів, є причиною зниження діаметра стебла (табл. 2). Ця величина в умовах техногенезу значно зменшується і становить від аналогічної характеристики рослин із Ботанічного саду ДНУ 75,5%.

Необхідно зазначити, що негативний вплив промислових забруднювачів на ріст стебла у товщину відзначається для деяких деревних порід також іншими авторами. Так, Т.І. Юсупіва, Є.П. Руденко (2009) виявили зменшення цього показника в умовах техногенних викидів оксидів сульфуру (IV) та нітрогену (IV) в *Ulmus foliacea* Yilib. та його збільшення у *U. laevis* Pall. [18]. Каакен зі співроб. (2004) показали статистично значиме скорочення відстані від серцевини до кори за дії підвищених концентрацій  $O_3$  у *Populus tremuloides* Michx., *Betula papyrifera* Marsh. and *Acer saccharum* Marsh. [24].

У табл. 2 наведені дані, виражені у мікрометрах, а на рис. 2 – у відносних величинах. Як показали наші дослідження, викиди автотранспорту й ПАТ «Інтерпайп Нижньодніпровський трубопрокатний завод» викликають зміни у співвідношенні складових частин осевого циліндра *B. pendula*. Так, частка твердого лубу трохи збільшується, м'якого лубу – зростає суттєвіше, товщина деревини від загального об'єму кори трохи зменшується, а серцевини – істотно падає порівняно з чистою зоною.



■ твердий луб □ м'який луб ▨ деревина ▩ серцевина

Рис. 2. Вплив антропогенного забруднення на співвідношення гістологічних елементів центрального циліндра стебла однорічного пагона *Betula pendula*, %. Моніторингові точки: А – контроль, Б – забруднена зона.

Таким чином, вивчення впливу промислових емісій на анатомічні характеристики однорічного пагона *B. pendula* показало, що формування гістологічних елементів стебла у рослин цього виду в умовах техногенезу порушується, а саме: зменшується товщина всіх структурних компонентів первинної кори стебла, практично всіх елементів флоєми, а також деревини, серцевини, результатом чого є зменшення діаметра стебла.

У результаті дослідження впливу  $CO$ ,  $NO_x$ ,  $SO_2$ , важких металів (Mn, Cu, Zn, Ni, Pb, Cd) та їхніх сполук на гістологічні характеристики однорічного пагона *B. pendula* виявлені показники, які ми пропонуємо використовувати в моніторингових дослідженнях. Найбільш інформативними тест-параметрами є діаметр серцевини, товщина деревини, твердого лубу, первинної та вторинної кори, корку і колєнхіми стебла.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бессонова В. П., Юсупіва Т. И. Семенное возобновление древесных растений и промышленные поллютанты (SO<sub>2</sub> и NO<sub>2</sub>). Запорожье: ЗДУ, 2001. 193 с.
2. Брайон О. В., Чикаленко В. Г. Анатомія рослин. К.: Вища школа, 1992. 271 с.
3. Голикова М. Вплив промислового забруднення на елементи анатомічної структури кленів // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. біол. 2011. Вип. 57. С. 242–248.
4. Грицай З. В. Вплив промислового забруднення середовища на анатомічні показники однорічного пагона представників роду *Acer* // Проблеми сучасної екології: матеріали Міжнар. конф. (Запоріжжя, 24–26 червня 2002). Запоріжжя, 2002. С. 20.
5. Грицай З. В., Шупранова Л. В. Вплив викидів Придніпровської ТЕС м. Дніпропетровськ на анатомічні показники стебла дворічного пагона представників роду *Tilia* // Вісн. Дніпропетровськ. ун-ту. Сер. біол., екол. 2015. 23(2). С. 230–235.
6. Екологічний паспорт Дніпропетровської області (2011 р.) // <http://www.menr.gov.ua>.
7. Зайцева І. О., Долгова Л. Г. Фізіолого-біохімічні основи інтродукції деревних рослин у степовому Придніпров'ї. Дніпропетровськ: Вид-во ДНУ, 2010. 388 с.
8. Кузнецов С. І., Немерцалов В. В. Фактори впливу та вимоги до інтродукційної оптимізації зелених насаджень міського середовища // Сучасні проблеми інтродукції та акліматизації рослин: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. (Дніпропетровськ, 2008). Дніпропетровськ, 2008. С. 13–14.
9. Кучерявий В. П. Озеленення населених місць. Львів: Світ, 2008. 455 с.
10. Пасічний Г. В., Сердюк В. М. Динаміка важких металів в ґрунтовому покриві у зв'язку з техногенним забрудненням оточуючого середовища (на прикладі м. Дніпропетровська) // Екологія та природокористування. 2002. Вип. 4. С. 111–117.
11. Пахомов О. С., Бригадиренко В. В. Концепція системи заходів з охорони навколишнього природного середовища Дніпропетровської області на 2005–2015 роки. Вісн. Дніпропетр. ун-ту. Сер. біол., екол. 2005. 13(1). С. 213–225.
12. Пермьяков А. И. Микротехника. М.: МГУ, 1988. 48 с.
13. Приседський Ю. Г. Статистична обробка результатів біологічних експериментів. Донецьк: ДДУ, 1999. 210 с.
14. Экологический паспорт города Днепропетровска / общ. ред. В. А. Павлов; Управление по экологии Днепропетровского горсовета. Днепропетровськ: УкО ИМА-пресс, 2000. 111 с.
15. Юсупіва Т. І., Грицай З. В. Вплив аерогенного забруднення SO<sub>2</sub> та NO<sub>2</sub> на анатомічні показники стебла *Caragana arborescens* Lam. // Вісн. Харківськ. ун-ту. Сер. біол., екол. 2014. № 1129. Вип. 23. С. 123–128.
16. Юсупіва Т. І., Заморена В. С. Изменения биометрических параметров однолетнего побега *Betula pendula* Roth. в условиях техногенеза // Бъдщето въпроси от света на наука та: материали за VII Междунар. науч. практ. конф. 17.12–25.12.2011. София: «Бял ГРАД-БГ» ООД, 2011. С. 23–25.
17. Юсупіва Т. І., Подолкіна О. В. Вплив промислових викидів SO<sub>2</sub> та NO<sub>2</sub> на гістологічні показники сходів і підросту *Robinia pseudoacacia* L. // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. біол. 2010. Вип. 53. С. 106–113.
18. Юсупіва Т. І., Руденко С. П. Зміни анатомічних показників в'язів (р. *Ulmus* L.) в умовах техногенного забруднення SO<sub>2</sub> та NO<sub>2</sub> // Фізіологія рослин: Проблеми та перспективи розвитку. К.: Логос, 2009. Т. 2. С. 306–309.
19. Ярмишко В. Т. Ход роста *Pinus sylvestris* L. на северном пределе распространения в условиях атмосферного загрязнения // Известия Самарского научного центра РАН. 2012. 14. № 1(6). Р. 1576–1580.

20. Abdussalam A. K., Ravindran C.P., Ratheesh Chandra P. et al. Physiological effects of heavy metal toxicity and associated histological changes in *Boerhavia diffusa* L. // J. Global Biosciences. 2015. Vol. 4. N 1. P. 1221–1234.
21. Albrerhtova J. Plant Anatomy in Environmental Physiology. Prague, 2004.
22. Dr. Kim D. Coder Advanced Tree Biology: Tree Anatomy I. University of Georgia. Available at [http://www.isa-arbor.com/events/conference/proceedings/2014/2014\\_DrCoderTREE-ANATOMY.pdf](http://www.isa-arbor.com/events/conference/proceedings/2014/2014_DrCoderTREE-ANATOMY.pdf)
23. Erofeeva E. A. Dependence of drooping birch (*Betula pendula*) and lime tree (*Tilia cordata*) relative seed production as a new seed production index on the intensity of motor traffic pollution // Adv. Environ. Biol. 2014. Vol. 8. N 13. P. 282–286.
24. Kaakinen S., Kostianen K., Ek F., Saranpaa P. et al. Stem wood properties of *Populus tremuloides*, *Betula papyrifera* and *Acer saccharum* saplings after 3 years of treatments to elevated carbon dioxide and ozone // Global Change Biology. 2004. 10. P. 1513–1525.
25. Kurteva M., Stambolieva K. *Acer pseudoplatanus* L., *Acer platanoides* L. and *Betula pendula* (Roth.) as bioindicators of urban pollution in Sofia, Silva Balcanica. 2007. 8(1). P. 32–46.
26. Neverova O. A., Legoshchina O. M., Bykov A. A. Anatomy of leaves of *Betula pendula* (Roth.) affected by air emissions in industrial area of Kemerovo City. Middle-East // J. Scientific Research. 2013. Vol. 17. N 3. P. 354–358.

Стаття: надійшла до редакції 29.01.16

доопрацьована 03.06.16

прийнята до друку 06.06.16

## CHANGES IN ANATOMICAL CHARACTERISTICS OF *BETULA PENDULA* ROTH. ANNUAL SHOOT STEMS UNDER ANTHROPOGENIC LOAD PRESSURE

T. Iusypiva

*Oles Honchar National University of Dnipropetrovsk*  
72, Gagarin Ave., Dnipropetrovsk 49010, Ukraine  
e-mail: [IusypivaTatjana@i.ua](mailto:IusypivaTatjana@i.ua)

The influence of anthropogenic load on the anatomic structure of annual shot stems of *Betula pendula* Roth. was examined in conditions of Prydniprovyia steppes. The findings show a decrease of cork, collenchyma and cork parenchyma width parameters in the stems of *B. pendula* plants in the pollution bubble, which results in primary cortex width depletion. The secondary cork width depletion was found under chronic exposure of toxic gases and heavy metals at the expense of hard blast width thinning. It was ascertained that the pith and wood width indices are lowering under anthropogenic pressure with the pith minor diameter being affected the most. The research proves that *B. pendula* stem diameter diminishes in size at the expense of decrease of all the histological stem characteristics when the plants are exposed to industrial pollution and vehicle emissions. The phytoindication tests parameters of environmental pollution rate were suggested such as CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, Mn, Cu, Zn, Ni, Pb, Cd as well as of *B. pendula* woody plant state in technogenic city zones.

*Keywords:* stem histological parameters, *Betula pendula* Roth., technogenic pollution, phytoindication.



**ИЗМЕНЕНИЯ АНАТОМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СТЕБЛЯ  
ОДНОЛЕТНЕГО ПОБЕГА *BETULA PENDULA* ROTH. В УСЛОВИЯХ  
АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ**

**Т. Юсупіва**

*Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара  
просп. Гагарина, 72, Днепропетровск 49010, Украина  
e-mail: JusypivaTatjana@i.ua*

Изучено влияние антропогенной нагрузки на анатомическое строение стебля однолетнего побега *Betula pendula* Roth. в условиях степного Приднепровья. Показано уменьшение в стеблях растений загрязненной зоны толщины пробки, колленхимы и коровой паренхимы, вследствие чего снижается ширина первичной коры. Выявлено уменьшение толщины вторичной коры в результате снижения ширины участков твердого луба в условиях хронического влияния на растения токсических газов и тяжелых металлов. Показано падение под действием антропогенного стресса толщины сердцевинки и древесины, причем значительнее – малого диаметра сердцевинки. Выявлено уменьшение под влиянием промышленного загрязнения и выбросов автотранспорта диаметра стебля *B. pendula* вследствие снижения толщины всех гистологических элементов. Предложены тест-параметры для фитоиндикации поликомпонентного загрязнения окружающей среды (CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, Mn, Cu, Zn, Ni, Pb, Cd) и состояния деревьев вида *B. pendula* в техногенных зонах городов.

*Ключевые слова:* гистологические параметры стебля, *Betula pendula* Roth., техногенное загрязнение, фитоиндикация.