

УДК: 581.2+630:425

## Вплив аерогенного забруднення SO<sub>2</sub> та NO<sub>2</sub> на анатомічні показники стебла *Caragana arborescens* Lam.

Т.І. Юсипіва, З.В. Грицай

Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара (Дніпропетровськ, Україна)  
JusypivaTatjana@i.ua

Досліджено дію промислових емісій SO<sub>2</sub> та NO<sub>2</sub> на анатомічні показники стебла однорічного пагона *Caragana arborescens* Lam. в умовах степового Придніпров'я. Виявлено зменшення порівняно з контролем товщини усіх гістологічних елементів стебла та його діаметра в однорічних пагонах вивченого виду в умовах промислового забруднення. Запропоновано інформативні тест-параметри для моніторингових досліджень стану чагарникових рослин у техногенних зонах (товщина деревини, первинної та вторинної кори стебла).

**Ключові слова:** однорічний пагін, гістологічні показники стебла, токсичні гази SO<sub>2</sub> та NO<sub>2</sub>.

## Влияние аэрогенного загрязнения SO<sub>2</sub> и NO<sub>2</sub> на анатомические показатели стебля *Caragana arborescens* Lam.

Т.И. Юсипива, З.В. Грицай

Исследовано влияние промышленных эмиссий SO<sub>2</sub> и NO<sub>2</sub> на анатомические показатели стебля однолетних побегов *Caragana arborescens* Lam. в условиях степного Приднепровья. Выявлены изменения всех гистологических элементов стебля и его диаметра в однолетних побегах изученного вида в условиях промышленного загрязнения по сравнению с контролем. Предложены информативные тест-параметры для мониторинговых исследований состояния кустарниковых растений в техногенных зонах (толщина древесины, первичной и вторичной коры).

**Ключевые слова:** однолетний побег, гистологические показатели стебля, токсические газы SO<sub>2</sub> и NO<sub>2</sub>.

## Influence of aerogenic SO<sub>2</sub> and NO<sub>2</sub> pollution on anatomic parameters of *Caragana arborescens* Lam. stem

T.I. Jusypiva, Z.V. Gritzay

The influence of industrial SO<sub>2</sub> and NO<sub>2</sub> emissions on anatomic parameters of *Caragana arborescens* Lam. one-year shrubs in conditions of Prydniprovyia steppes was studied. It was ascertained, that thickness of all stem histological indices and stem diameter of under the industrial pollution conditions have decreased. The paper offers informative test parameters for monitoring studies of shrub state in technogenic regions (xylem, primary and secondary cortex thickness).

**Keywords:** one-year shrub, stem histological indices, toxic gases SO<sub>2</sub> and NO<sub>2</sub>.

### Вступ

Важливу роль в оптимізації техногенного середовища відіграють зелені насадження. Деревкошуві рослини створюють особливий мікроклімат, змінюють мінеральний склад ґрунту, акумулюють токсичні гази й важкі метали. Дослідження лісових фітоценозів забруднених зон щодо газостійкості деревних порід має практичне значення для впровадження заходів із озеленення промислових районів міст і створення зелених захисних зон навколо них. В умовах степового Придніпров'я, де обмежений видовий склад аборигенної дендрофлори, актуальним є збагачення асортименту декоративних насаджень новими видами та формами (Зайцева, Долгова, 2010). Але кліматичні умови м. Дніпропетровськ характеризуються холодними зимами, ранніми заморозками, суховіями та недостатньою кількістю опадів, тому не завжди сприятливі для росту й розвитку інтродуцентів.

Еколого-анатомічний метод дозволяє краще зрозуміти адаптації рослин до певних чинників навколишнього середовища. Структурним відображенням фізіолого-біохімічних механізмів росту є процеси формування і диференціації тканин вегетативних органів, тому дослідження гістологічної будови рослин має важливе значення для інтегральної оцінки їх життєздатності (Кулагін, 1980;

Antonova, Stasova, 2002), перспективності вирощування декоративних інтродуцентів (Кохно, Курдюк, 1994) і дозволяє прогнозувати механізми адаптації рослин до антропогенних факторів середовища (Кузнецов, Немерцалов, 2008). Залежно від тривалості та сили дії промислового забруднення докільля відбуваються як функціональні, так і структурні зміни тканин і органів (Бессонова, Юсупова, 2001; Грицай, 2002; Jusupova, 2011).

На даному етапі проводяться дослідження впливу антропогенного навантаження на анатомічну будову стебла, в основному, деревних порід (Рунова и др., 2006; Кузьмичев, Авдеева, 2007; Руденко, Юсупова, 2009). Зміни гістологічної будови декоративних чагарників в умовах м. Дніпропетровськ практично не вивчені. Дослідження чутливості анатомічних показників стебла інтродукованих видів чагарників з метою фітоіндикації забруднення навколишнього середовища викидами промислових підприємств у Придніпровському регіоні теж практично відсутні.

Зважаючи на вище викладене, мета даного дослідження – проаналізувати вплив токсичних газів SO<sub>2</sub> та NO<sub>2</sub> на анатомічні показники стебла однорічного пагона карагани дерев'янистої.

### Об'єкти та методи дослідження

Об'єктом дослідження був інтродуцент карагана дерев'яниста *Caragana arborescens* Lam. (родина *Fabaceae* Lindl., рід *Caragana* Lam.), який широко використовується для створення ландшафтних композицій у парках, скверах, ботанічних садах, а також застосовується для озеленення промислових підприємств, районів житлової забудови міст і зон рекреації.

Збирання матеріалу проводилось у вересні 2011 р. на двох пробних ділянках: у забрудненій зоні, розташованій на відстані 2 км від ЗАТ „Дніпропрес” м. Дніпропетровськ, де середні концентрації токсичних газів становили: SO<sub>2</sub> – 0,29 мг/м<sup>3</sup>, NO<sub>2</sub> – 0,24 мг/м<sup>3</sup>, та контрольній (умовно чистій) зоні – Ботанічному саду Дніпропетровського національного університету імені Олеся Гончара, де, за даними міської санепідемстанції, концентрації SO<sub>2</sub> та NO<sub>2</sub> не перевищували ГДК.

На кожній із пробних площ було відібрано і зафіксовано у 96%-му етанолі по 30 однорічних пагонів *C. arborescens*. Поперечні зрізи стебла робили на відстані 2 см від основи та на верхівці однорічних пагонів, потім забарвлювали їх флороглюцином (Пермяков, 1988). Товщину тканин вимірювали при збільшенні у 56 разів, діаметр судин – у 280 разів. Експериментальні дані оброблено статистично за допомогою багатфункціонального пакету прикладних програм «STATGRAFICS».

### Результати та обговорення

Результати дослідження впливу аерогенного забруднення SO<sub>2</sub> та NO<sub>2</sub> на гістологічну будову стебла однорічного пагона *C. arborescens* свідчать про високу чутливість анатомічних показників до негативної дії фітотоксикантів (табл. 1–4). Крім того, суттєві відмінності виявилися між товщиною гістологічних елементів стебла, що знаходяться в основі пагона та на його верхівці.

Як видно з табл. 1, товщина первинної кори стебла однорічного пагона в умовах промислових емісій оксиду сульфуру (IV) та оксиду нітрогену (IV) суттєво змінюється. Це відбувається внаслідок змін у товщині практично всіх гістологічних елементів первинної кори. Зовнішнім шаром первинної кори є корок, який захищає тканини, що лежать під корою, від впливу будь-яких негативних факторів довкілля. Товщина корку в основі пагона під дією промислового забруднення у рослин *C. arborescens* практично не змінюється, а на верхівці пагона зменшується порівняно з контролем на 23,1%. Зважаючи на те, що фелема не пропускає гази і рідини, має слабку теплопровідність і добре захищає рослини від посухи, перегріву й інших несприятливих впливів, зниження товщини цієї тканини в умовах промислового забруднення природного середовища може зменшувати захисні властивості корку у несприятливих умовах довкілля і підвищувати чутливість рослин цього виду до токсичних газів й інших негативних впливів.

Коленхіма *C. arborescens* пластинчатого типу, розташована під корком і складена 4–5 рядами клітин з потовщеними стінками. Товщина механічної тканини первинної кори в основі пагона *C. arborescens* не відрізняється від контрольного значення, а на верхівці пагона – знижується на 18,0% порівняно з величиною цього параметру у рослин із ботанічного саду ДНУ. В однорічних пагонах корок ще слабо розвинений і знаходиться на стадії формування, тому зменшення в первинній корі об'єму коленхіми, яка теж має захисні властивості, може негативно вплинути на життєдіяльність тканин, розміщених у глибині стебла.

Таблиця 1.

Вплив SO<sub>2</sub> та NO<sub>2</sub> на товщину тканин первинної кори стебла *C. arborescens*, мкм

| Показник                                      | Контроль       | Моніторингова точка | $t_{\text{факт}}$ | % від контролю |
|---|----------------|---------------------|-------------------|----------------|
| товщина тканин в основі однорічного пагона    |                |                     |                   |                |
| Корок   | 37,30 ± 7,39   | 37,91 ± 3,73        | 0,06              | 101,6          |
| Коленхіма                                     | 38,31 ± 8,35   | 40,33 ± 8,50        | 0,17              | 105,3          |
| Паренхіма кори                                | 35,49 ± 5,21   | 18,55 ± 5,30        | 2,28              | 52,3           |
| Первинна кора                                 | 111,30 ± 1,96  | 96,78 ± 4,03        | 3,26              | 87,0           |
| товщина тканин на верхівці однорічного пагона |                |                     |                   |                |
| Корок   | 38,02 ± 1,68   | 29,24 ± 2,17        | 3,19              | 76,9           |
| Коленхіма                                     | 42,63 ± 2,67   | 34,95 ± 1,59        | 2,47              | 82,0           |
| Паренхіма кори                                | 38,02 ± 2,67   | 24,20 ± 1,83        | 4,27              | 63,7           |
| Первинна кора                                 | 118,67 ± 11,83 | 88,72 ± 7,21        | 2,16              | 74,8           |

Примітка:  $t_{\text{табл.}} = 1,96$ .

Товщина корової паренхіми, яка розташована під коленхімою та є внутрішнім шаром первинної кори стебла, у дослідженого нами виду як в основі пагона, так і на його верхівці суттєво знижується порівняно з контрольними варіантами (табл. 1). Ймовірно, це пов'язане зі зменшенням поділу клітин коркового камбію та формуванням меншого шару паренхімних клітин у стеблах рослин промислової зони. Отже, вивчення хронічної дії на анатомічну будову первинної кори стебла декоративних чагарників оксидів сульфуру (IV) та нітрогену (IV) виявило падіння значень практично усіх гістологічних елементів первинної кори – корку, коленхіми і паренхіми первинної кори – в однорічних пагонах рослин *C. arborescens*, що стало причиною зниження на 13,0% порівняно з контролем товщини первинної кори стебла в основі пагона цієї чагарникової породи.

Згідно з літературними даними, товщина первинної кори стебла дерев'янистих рослин може значно змінюватися як у бік зростання її розміру, так і в бік зменшення залежно від виду рослин, тривалості, інтенсивності дії та виду негативних факторів довкілля. Відзначено зменшення товщини перидерми на 18,7% в стеблах *Catalpa bignonioides* Walt. під впливом викидів автотранспорту (Леппік, Бочаров, 2007). Виявлено зміни у співвідношенні гістологічних елементів первинної кори у видів роду *Fraxinus* L. за дії викидів коксохімічного виробництва: збільшення товщини корку та коленхіми у *F. excelsior* L. та їх зменшення у *F. lanceolata* Borkh. і *F. pennsylvanica* Marsh., внаслідок чого діаметр первинної кори у першого виду зростав, у другого – знижувався, а у *F. pennsylvanica* (у результаті розростання корової паренхіми) практично не відрізнявся від контролю (Юсипіва, 2005).

Гістологічна будова флоєми *C. arborescens* має специфічні структурні риси: м'який луб, тобто ситоподібні трубки з клітинами-супутницями і луб'яна паренхіма розміщуються суцільним масивом тканини, а луб'яні волокна утворюють у ній два розривних кільця. Хронічна дія на чагарникові рослини SO<sub>2</sub> та NO<sub>2</sub> призводить до змін у формуванні флоєми. Ширина м'якого лубу в основі пагона дослідних рослин *C. arborescens* практично не змінюється (різниця між контрольним і дослідним варіантами недостовірна при  $p < 0,05$ ), а на верхівці пагона знижується на 10,0% порівняно зі значенням показника рослин умовно чистої зони (табл. 2). Товщина твердого лубу зменшується в основі пагона і на його верхівці, внаслідок чого падає ширина вторинної кори стебла.

Таблиця 2.

Вплив SO<sub>2</sub> та NO<sub>2</sub> на товщину тканин вторинної кори стебла *C. arborescens*, мкм

| Показник                                      | Контроль      | Моніторингова точка | $t_{\text{факт}}$ | % від контролю |
|---|---------------|---------------------|-------------------|----------------|
| товщина тканин в основі однорічного пагона    |               |                     |                   |                |
| М'який луб                                    | 74,60 ± 7,64  | 66,13 ± 8,32        | 0,75              | 88,7           |
| Твердий луб                                   | 66,75 ± 4,42  | 56,46 ± 1,40        | 2,22              | 84,6           |
| Вторинна кора                                 | 141,14 ± 8,27 | 122,59 ± 3,60       | 2,06              | 86,9           |
| товщина тканин на верхівці однорічного пагона |               |                     |                   |                |
| М'який луб                                    | 67,21 ± 2,32  | 60,49 ± 1,56        | 2,40              | 90,0           |
| Твердий луб                                   | 51,08 ± 3,66  | 41,33 ± 0,99        | 2,57              | 80,9           |
| Вторинна кора                                 | 120,98 ± 6,31 | 101,82 ± 7,39       | 2,00              | 84,2           |

Примітка:  $t_{\text{табл.}} = 1,96$ .

Формування флоєми має першочергове значення в нормальній організації процесів життєдіяльності рослин, оскільки вона забезпечує відтік продуктів фотосинтезу від асимілювальних до інших органів рослин, а також є вмістищем запасу поживних речовин рослин. Тому суттєве зниження саме частки провідних елементів флоєми та запасної тканини (луб'яної паренхіми) у *C. arborescens* може негативно позначитися на функціонуванні чагарників, які зростають у промислових зонах міста.

Як відомо з літературних джерел, флоєма деревних і чагарникових рослин чутлива до дії стрес-факторів довкілля. Виявлено збільшення товщини вторинної кори в однорічних пагонах представників роду *Acer* L. під впливом емісій коксохімічного заводу: у *A. pseudoplatanus* L. і *A. platanoides* L. за рахунок провідних елементів флоєми, у *A. negundo* L. і *A. tataricum* L. – внаслідок збільшення товщини м'якого та твердого лубу (Грицай, 2002). Відзначено збільшення товщини вторинної кори стебла сходів *Robinia pseudoacacia* L. у зоні середнього забруднення середовища оксидами сульфуру (IV) і нітрогену (IV), пов'язане з підвищенням товщини шару м'якого лубу, хоча в моніторинговій точці з високим рівнем техногенного навантаження товщина флоєми в стеблах цього виду практично не змінювалась (Юсипіва, Подолкіна, 2010).

Будова ксилеми в основі й на верхівці пагона *C. arborescens* практично не має відмінностей. Овальна форма кільця деревини повторює овальну форму ділянки серцевини і поперечного зрізу верхівки в цілому. В умовах промислових емісій SO<sub>2</sub> та NO<sub>2</sub> відбувається зниження радіусу ксилемної частини стебла як в основі пагона, так і на його верхівці (табл. 3). Ширина ксилеми на верхівці пагона у *C. arborescens* падає на 30,7% відносно контролю, а в його основі – на 24,3%. Досить інформативним показником розвитку деревини є діаметр найбільшої судини, який в умовах забруднення середовища токсичними газами знижується лише в основі пагона.

У літературі є свідчення про зменшення товщини деревини, збільшення кількості судин, зниження розмірів членків судин і волокон у однорічних стебел роду *Populus* L. за дії викидів металургійного комбінату (Хмелев, Хватова, 2003), випадки часткового та повного випадіння річних шарів деревини у рослин *Pinus sylvestris* L. різного віку під впливом викидів комбінату з плавлення кольорових металів (Ярмишко, Ярмишко, 2004).

Таблиця 3.

Вплив SO<sub>2</sub> та NO<sub>2</sub> на товщину тканин деревини стебла *C. arborescens*, мкм

| Показник                                      | Контроль       | Моніторингова точка | $t_{\text{факт}}$ | % від контролю |
|---|----------------|---------------------|-------------------|----------------|
| товщина тканин в основі однорічного пагона    |                |                     |                   |                |
| Радіус деревини                               | 335,50 ± 31,75 | 254,05 ± 15,44      | 2,31              | 75,7           |
| Діаметр найбільшої судини                     | 3,23 ± 0,23    | 2,65 ± 0,14         | 2,15              | 82,0           |
| товщина тканин на верхівці однорічного пагона |                |                     |                   |                |
| Радіус деревини                               | 232,73 ± 14,38 | 161,30 ± 10,20      | 4,05              | 69,3           |
| Діаметр найбільшої судини                     | 2,07 ± 0,16    | 1,81 ± 0,11         | 1,34              | 87,4           |

Примітка:  $t_{\text{табл.}} = 1,96$ .

Центральну частину стебла займає серцевина, яка складається у *C. arborescens* із середніх за діаметром клітин, що виконують запасну функцію в пагонах чагарникових рослин. Ця ділянка центрального циліндра стебла в основі пагона *C. arborescens* не змінюється в умовах техногенезу (табл. 4), а на верхівці є більш чутливою до забруднювачів тканиною, оскільки її діаметр значно знижується. Виявлені зміни у товщині гістологічних елементів стебла досліджених видів декоративних чагарників, які спостерігалися нами під впливом промислових емісій, є причиною змін діаметра стебла в техногенних умовах зростання рослин (табл. 4). Так, дана характеристика суттєво зменшується у *C. arborescens* як на верхівці пагона, так і в його основі.

Негативний вплив антропогенного стресу на ріст стебла у товщину відзначено для багатьох деревних порід. Виявлено зменшення діаметра стовбура *Ulmus foliacea* Yilib. за дії промислових викидів SO<sub>2</sub> та NO<sub>2</sub> (Руденко, Юсипіва, 2009) і *Larix sibirica* Ledeb. за умов техногенного навантаження (Кузьмичев, Авдеева, 2007), значне зниження радіального приросту *L. sukaczewii* Dyl. та *P. sylvestris* за умов фторвмісних викидів: у здорових дерев після початку їх дії радіальний приріст зменшувався в середньому на 20 %, у ослаблених та дерев, що усихають – на 48 % (Рунова і др., 2006). Встановлено залежність між діаметром стебла *Cornus sanguinea* (L.) Opiz. та рівнем аерогенного забруднення

середовища: чим вища концентрація оксидів сульфуру (IV) і нітрогену (IV) в повітрі, тим менший діаметр стебла на поперечному розрізі пагона (Юсипіва, Мінеєва, 2010).

Таблиця 4.

**Вплив SO<sub>2</sub> та NO<sub>2</sub> на діаметр стебла та його серцевини *C. arborescens*, мкм**

| Показник                                      | Контроль        | Моніторингова точка | <i>t</i> <sub>факт</sub> | % від контролю |
|---|-----------------|---------------------|--------------------------|----------------|
| товщина тканин в основі однорічного пагона    |                 |                     |                          |                |
| Стебла  | 1952,06 ± 71,24 | 1658,16 ± 69,61     | 2,95                     | 84,9           |
| Серцевини                                     | 776,54 ± 59,94  | 709,72 ± 20,40      | 1,06                     | 91,4           |
| товщина тканин на верхівці однорічного пагона |                 |                     |                          |                |
| Стебла:                                       |                 |                     |                          |                |
| великий                                       | 1536,71 ± 14,86 | 1153,30 ± 42,68     | 8,48                     | 75,0           |
| малий   | 1435,57 ± 58,16 | 1088,78 ± 59,73     | 4,16                     | 75,9           |
| Серцевини:                                    |                 |                     |                          |                |
| великий                                       | 583,91 ± 40,16  | 454,33 ± 27,97      | 2,65                     | 77,8           |
| малий   | 490,91 ± 9,87   | 440,89 ± 16,79      | 2,57                     | 89,8           |

Примітка: *t*<sub>табл.</sub> = 1,96.

Таким чином, хронічна дія на рослини інгредієнтів промислових викидів призводить до зменшення в стеблах *C. arborescens* товщини паренхіми кори більшою мірою, внаслідок чого ширина первинної кори знижується як в основі пагона, так і на його верхівці. В умовах впливу на рослини SO<sub>2</sub> та NO<sub>2</sub> товщина вторинної кори зменшується в основі пагона внаслідок зниження ширини твердого лубу, а на верхівці пагона в результаті падіння товщини і твердого, і м'якого лубу. Ширина деревини в стеблах *C. arborescens* в умовах техногенезу знижується як в основі пагона, так і на його верхівці. Товщина серцевини під дією токсичних газів в основі пагона залишається незмінною, а на верхівці знижується. Діаметр стебла і в основі, і на верхівці пагона *C. arborescens* знижується за рахунок зменшення усіх його гістологічних елементів.

В результаті дослідження впливу SO<sub>2</sub> та NO<sub>2</sub> на анатомічні характеристики однорічного пагона *C. arborescens* виявлені показники, які ми пропонуємо використовувати для діагностики стану рослин в умовах хронічної дії на них SO<sub>2</sub> та NO<sub>2</sub>. Найбільш інформативними тест-параметрами такі гістологічні критерії, як товщина деревини, первинної та вторинної кори стебла.

**Список літератури**

- Бессонова В.П., Юсипіва Т.І. Семенное возобновление древесных растений и промышленные поллютанты (SO<sub>2</sub> и NO<sub>2</sub>). – Запорожье: ЗДУ, 2001. – 193 с. / Bessonova V.P., Iusypiva T.I. Semennoie vozobnovlenie drevesnykh rasteniy i promyshlennyye pollutanty (SO<sub>2</sub> i NO<sub>2</sub>). – Zaporizhya: ZDU, 2001. – 193s.
- Грицай З.В. Вплив промислового забруднення середовища на анатомічні показники однорічного пагона представників роду *Acer* // Матер. Міжнар. конф. „Проблеми сучасної екології”. – Запоріжжя, 24–26 червня 2002. – С. 20. / Gritzay Z.V. Vpliv promislavogo zabrudnennja sereдовishha na anatomichni pokazniki odnorichnogo pagona predstavnikov rodu *Acer* // Mater. Mizhnar. konf. „Problemi suchasnoi ekologii”. – Zaporizhzhja, 24–26 chervnja 2002. – S. 20.
- Зайцева І.О., Долгова Л.Г. Фізіолого-біохімічні основи інтродукції деревних рослин у Степовому Придніпров'ї. – Д.: Вид-во ДНУ, 2010. – 388с. / Zajceva I.O., Dolgova L.G. Fiziologo-biohimichni osnovi introdukcii derevnyh roslin u Stepovomu Pridniprov'ї. – D.: Vid-voDNU, 2010. – 388s.
- Кохно Н.А., Курдюк А.М. Теоретические основы и опыт интродукции древесных растений в Украине. – К.: Наук. думка, 1994. – 185 с. / Kohno N.A., Kurdjuk A.M. Teoreticheskie osnovy i opyt introdukcii drevesnyh rastenij v Ukraine. – K.: Nauk. dumka, 1994. – 185 s.
- Кузнецов С.І., Немерцалов В.В. Фактори впливу та вимоги до інтродукційної оптимізації зелених насаджень міського середовища // Матер. Міжн. наук.-практ. конф. „Сучасні проблеми інтродукції та акліматизації рослин”. – (Дніпропетровськ, 2008). – С. 13–14. / Kuznecov S.I., Nemercalov V.V. Faktori vplivu ta vimogi do introdukcijnoi optimizacii zelenih nasadzen' mis'kogo sereдовishha // Mater. Mizhn. nauk.- prakt. konf. „Suchasni problemi introdukcii ta aklimatizacii roslin”. – (Dnipropetrovs'k, 2008). – S. 13–14.
- Кузьмичев В.В., Авдеева Е.В. Реакция лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.) на техногенное воздействие городской среды // Хвойные бореальной зоны. – XXIV, № 1. – 2007. – С. 36–42. / Kuz'michev V.V., Avdeeva E.V. Reakcija listvennicy sibirskoj (*Larix sibirica* Ledeb.) na tehnogennoe vozdejstvie gorodskoj sredy // Hvojnye boreal'noj zony. – XXIV, № 1. – 2007. – S. 36–42.
- Кулагин Ю.З. Лесообразующие виды, техногенез и прогнозирование. – М.: Наука, 1980. – 115 с. / Kulagin Ju.Z. Lesoobrazujushhie vidy, tehnogenez i prognozirovanie. – M.: Nauka, 1980. – 115 s.

- Леппик М.В., Бочаров О.М. Вплив викидів автотранспорту на анатомічну будову однорічних пагонів *Catalpa bignonioides* Walt // Матер. Всеукр. наук.-практ. конф. «Сучасні проблеми фізіології та інтродукції рослин». Д.: ДНУ, 2007. – С. 80. / Leppik M.V., Bocharov O.M. Vpliv vikidiv avtotransportu na anatomichnu budovu odnorichnih pagoniv *Catalpa bignonioides* Walt // Mater. vseukr. nauk.-prakt. konf. «Suchasni problem fiziologii ta introdukcii roslin». D.: DNU, 2007. – S. 80.
- Пермяков А.И. Микротехника. – М.: МГУ, 1988. – 48 с. / Permjakov A.I. Mikrotehnika. – M: MGU, 1988. – 48s.
- Руденко Є.П., Юсипіва Т.І. 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. / Rudenko E.P., Jusypiva T.I. Zmini anatomichnih pokaznikov v'jaziv (r. *Ulmus* L.) v umovah tehnogenного zabrudnennja SO<sub>2</sub> ta NO<sub>2</sub> // Fiziologija roslin: Problemi ta perspektivi rozvitku. – K.: Logos, 2009. – T. 2. – S. 306–309.
- Рунова Е.М., Чжан С.А., Пузанова О.А. Влияние техногенного загрязнения на состояние сосновых древостоев // Актуальные проблемы лесного комплекса. Брянск. – 2006. – № 10. – С. 129–131. / Runova E.M., Chzhan S.A., Puzanova O.A. Vlijanie tehnogenного zagrjaznenija na sostojanie sosnovyh drevostoev // Aktual'nye problem lesnogo kompleksa. Brjansk. – 2006. – № 10. – S. 129–131.
- Хмелев К.Ф., Хватова В.Н. Воздействие выбросов Новолипецкого металлургического комбината на структуру однолетних стеблей рода *Populus* (*Salicaceae*) // Бот. журн. – 2003. – Т. 88, № 5. – С. 119–124. / Hmelev K.F., Hvatova V.N. Vozdejstvie vybrosov Novolipeckogo metallurgicheskogo kombinata na strukturu odnoletnih steblej roda *Populus* (*Salicaceae*) // Bot. zhurn. – 2003. – T. 88, № 5. – S. 119–124.
- Юсипіва Т.І. Вплив промислового забруднення на гістологічні показники первинної кори стебла представників роду *Fraxinus* L. // Вісн. Дніпропетр. унів. Біол. Екол. – 2005. – № 3/1. Вип. 13, Т. 1. – С. 295–301. / Jusypiva T.I. Vpliv promislovogo zabrudnennja na gistologichni pokazniki pervinnoi kori stebla predstavnikov rodu *Fraxinus* L. // Visn. Dnipropetr. Univ. Ser. Biol. Ecol. – 2005. – № 3/1. Vip. 13, T. 1. – S. 295–301.
- Юсипіва Т.І., Мінеєва К.Ю. Зміни анатомічних показників стебла однорічного пагона дерену кров'яно-червоного (*Cornus sanguinea* (L.) Opiz.) в умовах техногенезу // Таврійський науковий вісник. – 2010. – Вип. 71 (2). – С. 35–41. / Jusypiva T.I., Mineeva K.Ju. Zmini anatomichnih pokaznikov stebla odnorichnogo pagona derenu krov'jano-chervonogo (*Cornus sanguinea* (L.) Opiz.) v umovah tehnogenezu // Tavrijs'kij naukovij visnik. – 2010. – Vip. 71 (2). – S. 35–41.
- Юсипіва Т., Подолкіна О. Вплив промислових викидів SO<sub>2</sub> та NO<sub>2</sub> на гістологічні показники підросту *Robinia pseudoacacia* L. // Вісник Львівського національного університету. Серія Біологія. – 2010. – Вип. 53. – С. 106–113. / Jusypiva T., Podolkina O. Vpliv promislovihih vikidiv SO<sub>2</sub> ta NO<sub>2</sub> na gistologichni pokazniki pidrostu *Robinia pseudoacacia* L. // Visn. L'viv. univ. Ser. Biol. – 2010. – Vip. 53. – S. 106–113.
- Ярмишко В.Т., Ярмишко М.А. Радиальный прирост *Pinus sylvestris* L. на северном пределе распространения // Бот. журн. – 2004. – Т. 89, № 7. – С. 1092–1111. / Jarmishko V.T., Jarmishko M.A. Radial'nyj prirost *Pinus sylvestris* L. nasevernom predele rasprostranenija // Bot. zhurn. – 2004. – T. 89, № 7. – S. 1092–1111.
- Antonova G.F., Stasova V.V. Seasonal distribution of processes responsible for radial diameter and wall thickness of larch (*Larix sibirica* Ldb.) tracheids // Improvement of larch (*Larix* sp.) for better growth, stem form and wood quality. Proceedings of an International Symposium. Gap (Hautes-Alpes). – Auvergne & Limousin, September 16–21, 2002. France, INRA – Cemagref, 2002. – S. 369–377.
- Юсипіва Т. Woody Undergrowth: Stem Anatomy and Industrial SO<sub>2</sub> and NO<sub>2</sub> Pollution. NATO Advanced Research Workshop (ARW): “Environmental and food safety in southeast Europe and Ukraine”. Dnipropetrovs'k, Ukraine, 16–19 May 2011. – S. 57–58.

Представлено: В.П. Бессонова / Presented by: V.P. Bessonova

Рецензент: О.О. Авксентьева / Reviewer: O.O. Avksentyeva

Подано до редакції / Received: 19.11.2014