



УДК 581.145+502.211:581.75

Вплив техногенного навантаження на фізіологічні та цитогенетичні показники генеративних органів представників роду *Tilia*

Т.І. Юсипіва, Т.С. Коростильова

Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара, Дніпропетровськ, Україна

Вивчено вплив комплексного забруднення навколишнього середовища оксидами сульфуру (IV) і нітрогену (IV) та важкими металами (залізо, манган, цинк, ртуть, хром) на фізіологічні й цитогенетичні показники генеративних органів представників роду *Tilia* L. в умовах степового Придніпров'я. Промислові викиди та вихлопи автотранспорту викликають зменшення кількості суцвіть на модельній гілці та квіток у суцвітті у рослин *T. amurensis* L. та *T. cordata* Mill. У досліджених видів лип, які зростали у забрудненій зоні, виявлено зниження довжини пелюстки та кількості пелюсток у квітці, а довжини тичинки – лише у *T. cordata*. В умовах техногенезу зменшується фертильність пилкових зерен в обох деревних порід, але більшою мірою – у *T. cordata*. Запропоновано інформативні тест-параметри для фітоіндикації забруднення навколишнього середовища та стану рослин роду *Tilia* в умовах хронічної дії на них SO_2 , NO_2 та важких металів.

Ключові слова: аерогенне забруднення; біометричні параметри квітки; інтенсивність цвітіння; фертильність пилку

Technogenic impact on physiological and cytogenic indices of reproductive organs of *Tilia* genus representatives

T.I. Iusypiva, T.S. Korostylova

Oles Honchar Dnipropetrovsk National University, Dnipropetrovsk, Ukraine

This paper addresses the problem of technogenic pollution which is a dramatic stress-factor for plants effectively acting as a green filter for cleaning air, water, and soil. It results in their growth rate changes, seasonal development speed deviations and plant appearance variations. Green belt to consume industrial emissions and to create the esthetic look seems to be an urgent matter to deal with technogenic pollution. Lime tree decorative characteristics depend significantly on the state of their reproductive organs (flower, inflorescence and fruit). On the other hand, biometric indices of woody plant reproductive organs are sensitive parameters characterizing the plant response to pollutants. The study discusses complex environmental pollution impact caused by sulfur (IV) and nitrogen (IV) oxides as well as heavy metals on physiological and cytogenetic characteristics of reproductive organs of *Tilia* L. genus representatives in conditions of steppe Prydniprovyie. The research objectives were *T. amurensis* L. and *T. cordata* Mill. Samples were collected in May and June 2014 on two sample areas. The research area borders with both heavy traffic road and Interpipe NTRP CJSC, Dnipropetrovsk, Ukraine, that features such pollutants as SO_2 , NO_2 , iron, manganese, zinc, mercury, chrome. The control area is located in the Botanical garden of Oles Honchar Dnipropetrovsk National University. The research proved that biometric and cytogenetic parameters of generic organo of *Tilia* genus representatives were dramatically sensitive to the impact of pollutants. Moreover, *T. cordata* was the most sensitive among species under study to multicomponent environmental pollution when assessed by criteria of suppression of woody plant reproductive capacity formation. The other benefit of this study consisted in monitoring of the blossom rate of both species that appeared to scale down substantially in the technogenic environment. Man-induced stress factors caused lower rates of a range of lime generic parameters, for example, petal length and number of a model flowers. Besides, *T. cordata* model flower had also the shorter stamen. The results obtained proved that technogenic environment undermined fertile ability of pollen grains of both research objects, though the most affected species was *T. cordata*. The paper offers practical applications to complete environment phyto-indication and monitoring of condition of *Tilia* genus plants with the help of the suggested test parameters (blossom rate and pollen-grain fertility (test object *T. cordata*) under conditions of constant influence of SO_2 , NO_2 and heavy metals.

Key words: aerogenic pollution; flower biometric indices; blossom rate; pollen-grain fertility

Вступ

Дніпропетровськ – один із найбільших промислових центрів України з підвищеним техногенним навантаженням, зумовленим наявністю на його території підприємств металургійної, будівельної, хімічної та інших галузей промисловості (Pakhomov and Brygadyrenko, 2005; Striletz, 2014). Тому актуальним завданням біологічного очищення міст із високим рівнем аерогенного забруднення є створення в них зелених зон із використанням деревних порід, здатних поглинати промислові емісії та зберігати при цьому високоестетичний вигляд. Водночас антропогенне забруднення – потужний стрес-фактор для деревних рослин (Smith, 1985; Bessonova and Iusypiva, 2001; Gluhov and Mashtaler, 2007), оскільки вони ефективно виконують роль зеленого фільтра в очищенні атмосферного повітря, води та ґрунту (Shparyk and Parpan, 2004; Kulagin and Shagieva, 2005; Bobyliv et al., 2014). Як наслідок змінюється швидкість росту, темпи сезонного розвитку, зовнішній вигляд рослин (Grishko and Mashtaler, 2009; Iusypiva, 2011).

Негативний вплив техногенного навантаження на формування та розвиток репродуктивних органів відомий для багатьох деревних порід. Хронічна дія на рослини емісій металургійного виробництва викликає зменшення інтенсивності цвітіння (Gritzay, 2012), насінневої продуктивності, розмірів плодів, насіння та насінневих гнізд, маси 1 000 насінин низки деревних порід (Nosko et al., 1988; Bessonova and Iusypiva, 2001; Gritzay and Denisenko, 2011). Викиди автотранспорту спричиняють зниження розмірів і деформацію шишок голонасінних рослин (Seta-Koselska et al., 2014) та зниження насінневої продуктивності видів родів *Betula* L., *Tilia* L. (Glibovyt'ska, 2013; Erofeeva, 2014).

Для озеленення м. Дніпропетровськ застосовують багато представників роду *Tilia* L., але останніми роками виявлено помітні візуальні пошкодження лип від хронічної дії промислових викидів і вихлопів автотранспорту (Ponomaryova and Bessonova, 2009), що скорочує термін вегетації, під час якого ці деревні породи трають окрасою міста. Високі декоративні якості лип значною мірою залежать від стану їх генеративних органів: квіток, суцвіть і плодів, однак вплив полікомпонентного забруднення середовища на їх стан в умовах м. Дніпропетровськ практично не вивчений.

Аналіз літературних даних свідчить про те, що морфологічні показники флоральної сфери деревних і чагарникових порід є чутливими параметрами відповіді рослин на дію забруднювальних речовин. Значна частка шкідливих сполук – це мутагени, індикаторами яких може бути стан пилку деревних рослин (Bessonova et al., 1996; Mylenka and Parpan, 2010; Bessonova et al., 2013). Вивчення чутливості біометричних характеристик квіток, суцвіть, а також показників інтенсивності цвітіння та стану пилку представників роду *Tilia* з метою фітоіндикації полікомпонентного забруднення довкілля у Придніпровському регіоні майже відсутні.

Зважаючи на вищевикладене, мета даного дослідження – оцінити спільний вплив промислового забруднення та викидів автотранспорту на фізіологічні та

цитогенетичні показники генеративних органів видів роду *Tilia* L. в умовах степового Придніпров'я.

Матеріал і методи досліджень

Об'єкти дослідження – липа амурська (*Tilia amurensis* L.) та липа серцеподібна, або дрібнолиста (*Tilia cordata* Mill.). Збирання матеріалу проводили у травні – червні 2014 р. на двох пробних ділянках: дослідній, розміщеній на території, прилеглій до траси з інтенсивним автомобільним рухом, і ВАТ «Інтерпайп Нижньодніпровський трубопрокатний завод» м. Дніпропетровськ, джерела токсичних газів (SO_2 , NO_2) і важких металів (залізо, манган, цинк, ртуть, хром) (Striletz, 2014), та контрольній зоні – території Ботанічного саду Дніпропетровського національного університету ім. Олеся Гончара, де, за даними міської СЕС, концентрації забруднювачів не перевищують ГДК. Лісорослинні умови, характеристики деревостану, структура та склад насаджень у моніторинговій точці та в контрольній зоні були подібними.

Проби суцвіть відбирали з модельних дерев одного вікового стану з гілок середнього ярусу південно-східного боку крони п'ятого порядку галузження. Дослідження інтенсивності цвітіння, біометричних показників квіток і суцвіть проводили за загальноприйнятими методиками. Квіткові суцвіття фіксували у 96% розчині етанолу. Фертильність пилку досліджували йодним методом (Pausheva, 1988), який базується на визначенні крохмалю за допомогою йодної реакції. Для цього пиляки виймали з бутонів, готували тимчасові давлені препарати та переглядали по 320–340 зерен кожного виду з кожної моніторингової точки. Фертильні пилкові зерна забарвлені в чорно-фіолетовий колір, оскільки заповнені крохмальними зернами. Стерильні пилкові зерна безбарвні або слабо забарвлені, бо не мають крохмалю або містять лише його сліди. Для об'єктивної оцінки стану пилку визначали коефіцієнт фертильності – відношення фертильних пилкових зерен до загальної кількості пилкових зерен у відсотках. Статистичну обробку отриманих даних проводили з використанням пакета прикладних програм Statgrafics. Отримані дані з використанням критерію Стьюдента для встановлення достовірності відмінностей порівнювали з табличними. Різницю вважали достовірною за $P < 0,05$.

Результати та їх обговорення

У досліджених представників роду *Tilia* за дії техногенного навантаження (рис. 1) довжина однорічних пагонів, на яких розташовані генеративні органи рослин, практично не змінюється відносно контролю (відмінності між контрольним і дослідним варіантами не достовірні за $P < 0,05$). В умовах хронічної дії на рослини токсичних газів і важких металів зменшується кількість суцвіть на модельній гілці в обох досліджених видів порівняно з цими величинами у рослин умовно чистої зони, причому більшою мірою у *T. cordata* (на 51,2% порівняно з контролем). Забруднення довкілля викидами промислових підприємств та автотранспорту

негативно впливає на кількість квіток у суцвітті досліджених дерев. Цей параметр чутливий до дії фітотоксикантів, особливо у *T. cordata*, у якій в умовах техногенезу він складає лише 38,0% значення даного показника у рослин Ботанічного саду ДНУ (рис. 1). В іншого виду кількість квіток у суцвітті теж сильно знижується, але дещо менше, ніж у *T. cordata*, і становить 84,0% від контрольного значення (рис. 1). У результаті зменшення кількості суцвіть на модельній гілці та кількості квіток у суцвітті інтенсивність цвітіння, яку розраховували як сумарну кількість квіток на модельній гілці, у рослин забрудненої зони значно

знижується. Інтенсивність цвітіння у *T. cordata*, що зростає на території, прилеглій до автотраси та ВАТ «Інтерпайп Нижньодніпровський трубопрокатний завод», падає більше ніж у 5 разів порівняно зі значенням цього показника рослин умовно чистої зони. У *T. amurensis* ця характеристика теж зменшується порівняно з контролем, однак меншою мірою, ніж у *T. cordata*. Наслідком суттєвого зниження інтенсивності цвітіння звичайно є зв'язування меншої кількості плодів, що не може не позначитися на декоративних і естетичних якостях лип міських насаджень.

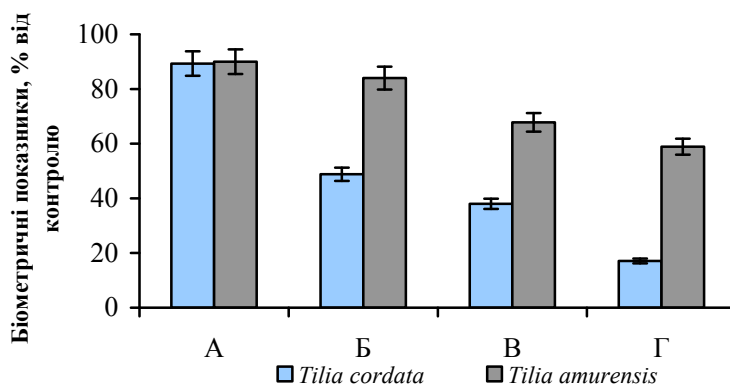


Рис. 1. Вплив техногенезу на біометричні показники представників роду *Tilia* L. (% від контролю):

А – довжина однорічного пагона, Б – кількість суцвіть на модельній гілці, В – кількість квіток у суцвітті, Г – сумарна кількість квіток на модельній гілці

В умовах хронічної дії на рослини роду *Tilia* антропогенних поллютантів SO_2 , NO_2 , заліза, мангану, цинку, ртуті, хрому пригнічуються процеси формування та росту елементів квіток (табл. 1). Незважаючи на те, що кількість пелюсток у квітці – генетично детермінована величина, техногенне навантаження викликає її зміни в обох досліджених видів. У *T. cordata* із забрудненої зони характеристика зменшується на 26,4% порівняно з відповідною величиною рослин умовно чистої зони, а у *T. amurensis* – на 12,9%. За дії техногенного пресу

біометричні показники пелюсток змінюються по-різному. Довжина пелюстки у модельній квітці суттєво знижується в обох деревних порід, причому приблизно однаковою мірою. Значення характеристики у *T. cordata* та *T. amurensis* складає 87,1% та 88,9% від відповідних фонових значень. При цьому ширина пелюстки за дії на рослини забруднювачів у першого виду суттєво зростає, а у другого – практично не змінюється порівняно з контролем (відмінності між контрольним і дослідним варіантами не достовірні за $P < 0,05$).

Таблиця 1

Вплив техногенезу на біометричні показники квіток представників роду *Tilia* L.

Вид	Показник	Контроль, n = 90	Моніторингова точка, n = 100	% від контролю
<i>T. cordata</i>	кількість пелюсток, шт.	6,25 ± 0,44	4,20 ± 0,52	67,2
	довжина пелюстки, мм	3,10 ± 0,13	2,70 ± 0,16	87,1
	ширина пелюстки, мм	1,68 ± 0,10	1,28 ± 0,08	131,3
	довжина тичинки, мм	2,76 ± 0,09	2,51 ± 0,05	90,9
<i>T. amurensis</i>	кількість пелюсток, шт.	6,60 ± 0,13	5,75 ± 0,20	87,1
	довжина пелюстки, мм	6,30 ± 0,11	5,60 ± 0,18	88,9
	ширина пелюстки, мм	3,15 ± 0,13	3,01 ± 0,14*	95,6
	довжина тичинки, мм	6,40 ± 0,22	6,20 ± 0,09*	96,9

Примітка: * – $P < 0,05$, ** – $P < 0,01$.

Довжина тичинки у модельній квітці дерев *T. cordata*, які зростають в умовах промислової зони, знижується порівняно зі значенням цього показника у рослин контрольної ділянки (табл. 1), що може негативно позначитися на успішності запилення та запліднення. Довжина тичинки у модельній квітці *T. amurensis* за дії техногенезу практично не змінюється (відмінності між контрольним і дослідним варіантами не достовірні за $P <$

0,05). Вивчення впливу інгредієнтів промислових і автомобільних викидів на життєздатність пилку необхідне для розуміння генеративного розвитку та насінневої продуктивності деревних рослин. В умовах хронічної дії на рослини аерогенних поллютантів кількість фертильних пилкових зерен у полі зору суттєво знижується в обох досліджених видів рослин, але більш істотно – у *T. amurensis* (рис. 2). Даний показник у цього

виду падає на 34,0% порівняно з контролем, тоді як у *T. cordata* – на 26,6% відповідно. Кількість стерильних пилкових зерен за умов техногенного стресу значно зростає в обох деревних порід.

Для об'єктивної оцінки стану пилку визначали показник його фертильності. Як видно з табл. 2, у *T. amurensis* фертильність пилку в умовах техногенезу зменшується на 19,2% порівняно з контролем, а у *T. cordata* – на 25,0%. Результати тесту на фертильність пилку представників роду *Tilia* свідчать про достовірне збільшення кількості безкромальних пилкових зерен у дерев, які зростають на техногенній території, відносно фонових значень. Отже, генеративні органи досліджених представників роду *Tilia* реагують на антропогенне навантаження шляхом зменшення продукції фертильних пилкових зерен і збільшення стерильного пилку.

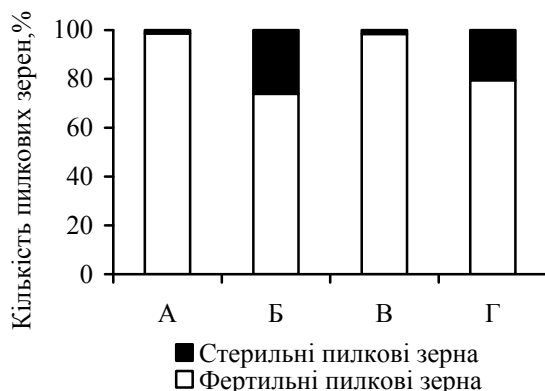


Рис. 2. Вплив техногенних чинників на співвідношення (%) фертильних і стерильних пилкових зерен у представників роду *Tilia*:

А – пилок *T. cordata* з умовою чистої зони,
 Б – пилок *T. cordata* з моніторингової точки,
 В – пилок *T. amurensis* з умовою чистої зони,
 Г – пилок *T. amurensis* із моніторингової точки

Таблиця 2

Вплив техногенезу на фертильність пилку (%) представників роду *Tilia*

Вид	Контроль, n = 320	Моніторингова точка, n = 340	% від контролю
<i>T. cordata</i>	98,6 ± 5,5	73,9 ± 3,8	75,0
<i>T. amurensis</i>	98,4 ± 2,1	79,5 ± 4,8	80,8

Результати досліджень свідчать про пригнічення росту та розвитку квіток досліджених видів лип за впливу забруднення довкілля викидами промислових підприємств і автотранспорту. Негативна дія техногенного стресу на формування та розвиток репродуктивних органів відома і для інших деревних порід.

Промислові емісії SO_2 та NO_2 викликають зменшення розмірів генеративних бруньок та їх кількості на модельній гілці у представників роду *Acer* L. (Gritzay and Iusypiva, 2000) та зниження інтенсивності цвітіння у *Aesculus hippocastanum* L., *A. pseudoplatanus* L., *A. platanoides* L. (Gritzay, 2012), фторовмісні викиди – зменшення життєздатності пилку у *Catalpa bignonioides* Walt. та *Sorbus aucuparia* L. (Grishko, 2006).

Висновки

Вивчення хронічного впливу на штучні зелені насадження промислових викидів із пріоритетним умістом у їх складі токсичних газів і важких металів показало високу чутливість біометричних і цитогенетичних ознак представників роду *Tilia* до дії антропогенних поллютантів SO_2 , NO_2 , заліза, мангану, цинку, ртуті, хрому. За ступенем пригнічення формування репродуктивної сфери чутливішим до антропогенного забруднення є *T. cordata*.

В умовах техногенного середовища в обох досліджених видів знижуються інтенсивність цвітіння, а також такі біометричні показники генеративних органів як довжина пелюстки та кількість пелюсток у модельній квітці, у *T. cordata* довжина тичинки у модельній квітці. Токсичні гази та важкі метали суттєво знижують фертильність пилкових зерен в обох об'єктах дослідження, причому більшою мірою – у *T. cordata*, що може свідчити про низький рівень стійкості репродуктивних структур вивчених рослин до ураження забруднювачами довкілля.

У результаті вивчення впливу техногенезу на фізіологічні та цитогенетичні характеристики генеративних органів представників роду *Tilia* виявлено показники, які ми пропонуємо використовувати у моніторингових дослідженнях забруднення середовища SO_2 , NO_2 і важкими металами (залізо, манган, цинк, ртуть, хром). Інформативними тест-параметрами є інтенсивність цвітіння та фертильність пилку (тест-об'єкт *T. cordata*).

Бібліографічні посилання

- Bessonova, V.P., Bessonov, E.P., Zverkovsky, V.M., 2013. Otsinka stanu pylku derevnykh roslin v urbatehnogenniy ekosystemi [Assessment of arborescent pollen state in urbatechnogenic ecosystem]. Pitannya Bioindicatsii ta Ecologiyi 18(1), 1–17 (in Ukrainian).
- Bessonova, V.P., Gritzay, Z.V., Iusypiva, T.I., 1996. Ispol'zovanie tsitogeneticheskikh kriteriev mutagennosti industrialnykh pollutantov [Use of cytogenetic criteria for assessment of industrial pollutants mutagenity]. Cytology and Genetics 30(5), 70–76 (in Russian).
- Bessonova, V.P., Iusypiva, T.I., 2001. Semennoie vozobnovlenie drevesnykh rasteniy i promyshlennyye pollutanty (SO_2 i NO_2) [Seed regeneration of woody plants and industrial pollutants (SO_2 and NO_2)]. Zaporizhya University Press, Zaporizhya (in Russian).
- Bobyliov, Y.P., Brygadyrenko, V.V., Bulakhov, V.L., Gaichenko, V.A., Gasso, V.Y., Didukh, Y.P., Ivashov, A.V., Kucheriavyi, V.P., Maliovanyi, M.S., Mytsyk, L.P., Pakhomov, O.Y., Tsaryk, I.V., Shabanov, D.A., 2014. Ecologija [Ecology]. Folio, Kharkiv (in Ukrainian).
- Glibovytska, N., 2013. Vpliv urbanizovanogo seredovishha na intensyvnist plodonoshennja ta masu vegetativnih i generativnih organiv lipy sercelistoji [The impact of urbanized environment on fruiting intensity and vegetative and generative organs mass of the small-leaved linden (*Tilia cordata* L.)]. Visn. Lviv. Univ. Ser. Biol. 62, 146–151 (in Ukrainian).
- Gluhov, O.Z., Mashtaler, O.V., 2007. Brioidikacija tehnogenogo zabrudnennja navkolishn'ogo seredovishha pivdenного shodu Ukrainy [Brioidication of technogenic environmental pollution of South East of Ukraine]. Nord-Pres, Doneck (in Ukrainian).
- Grishko, V.M., 2006. Zhittєzdatnist' pilku derevnykh roslin za dii ftorvmisnykh promislovykh vykydiv [The viability of the tree

- pollen under conditions of fluoride industrial emissions]. Mater. Mizhnar. Nauk. Konf. "Introdukciya ta zahist roslin u botanichnih sadah ta dendroparkah". Jugo-Vostok, Doneck, 201–203 (in Ukrainian).
- Grishko, V.M., Mashtaler N.V., 2009. Vpliv zabrudnennya na formuvannya generativnoi sphony deyakih vydiv *Penstemon Schmidel* v umovah promyslovoho maidanchyka gimicho-zbagachovalnogo pidpriemstva [Pollution affect on formation of generative ability of some of *Penstemon Schmidel* species under conditions of mining enterprise industrial site]. Plant Introduction 1, 73–79 (in Ukrainian).
- Gritzay, Z.V., 2012. Harakteristiki cvitinnja derevnih roslin v umovah metalurgijnogo pidpriemstva [Blossoming characteristics of woody plants in metallurgical works conditions]. News of Biosphere Reserve "Askania Nova" 14, 547–550 (in Ukrainian).
- Gritzay, Z.V., Denisenko, A.G., 2011. Nasinneva produktivnist derevnih roslin v umovah zabrudnennja dovkillja vikidami metalurgijnogo pidpriemstva [Seed production of woody plants in conditions of environment pollution by metallurgical industry emissions]. Visn. Dnipropetr. Univ. Ser. Biol. Ekol. 19(2), 40–44 (in Ukrainian).
- Gritzay, Z.V., Iusypiva, T.I., 2000. Formuvannja generativnih brunok derevnih roslin v umovah promislovoho zabrudnennja [The formation of plants generative buds in industrial pollution conditions]. Mater. 12 Mizhnar. konf. "Vivchennja ontogenezu roslin prirodnih i kulturnih flor u botanichnih zakladah i dendroparkah Jevraziï". Poltava, 87–89 (in Ukrainian).
- Erofeeva, E.A., 2014. 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. 8(13), 282–286.
- Jusypiva, T., 2011. Woody undergrowth: Stem anatomy and industrial SO₂ and NO₂ pollution. NATO Advanced Research Workshop (ARW): "Environmental and food safety in south-east Europe and Ukraine". Dnipropetrovsk, Ukraine, 57–58.
- Kulagin, A.A., Shagieva, J.A., 2005. Drevesnye rastenija i biologicheskaja konservacija promyshlennyh zagrijaznitelej [Woody plants and biological preservation of industrial pollutants]. Nauka, Moscow (in Russian).
- Mylenska, M., Parpan, V., 2010. The wood plants pollen anomaly under the conditions of the urbotecnogenic ecosystem. XII Dni Alergii Pylkowej w Krakowie. Konferencij Naukowo-Szkoleniowa. Krakow. 21–24.
- Nosko, P., Brassard, P., Kramer, J.R., Kershaw, K.A., 1988. The effect of aluminum on seed germination and early seedlings establishment, growth, and respiration on white spruce (*Picea glauca*). Can. J. Bot. 66(11), 2305–2310.
- Pausheva, Z.P., 1988. Praktikum po cytologii [Tutorial on Plant Cytology]. Agropromizdat, Moscow (in Russian).
- Pakhomov, O.Y., Brygadyrenko, V.V., 2005. koncepcija systemy zahodiv z ohorony navkolyshn'ogo pryrodnogo sere-dovyshha Dnipropetrovs'koi oblasti na 2005–2015 roky [Concept of system for actions on environment protection in Dnipropetrovsk region for 2005–2015]. Visn. Dnipropetr. Univ. Ser. Biol. Ekol. 13(1), 213–225.
- Ponomaryova, O.A., Bessonova, V.P., 2009. Vpliv rostu lip u lunkax v asfalti pridoroghnoi zoni na pokazniki asimiljaci-jnogo aparatu [The influence of growth *T. cordata* and *T. platyphyllos* in hole into the asphalt of roadside zone of size the morphometrix indicators of assimilation system]. Pitannya Bioindicatsii ta Ecologyi 14(2), 55–62 (in Ukrainian).
- Seta-Koselska, A., Szczuka, E., Skórzyńska-Polit, E., Domaciuk, M., Goewanowska, I., 2014. Roadside Larch trees (*Larix Mill.*) and its female generative organs as a biomonitor of air pollution. Pol. J. Environ. Stud. 23(3), 867–874.
- Smith, Y.H., 1985. Les i atmosfera [Forest and atmosphere]. Progress, Moscow (in Russian).
- Shparyk, Y.S., Parpan, V.I., 2004. Heavy metal pollution and forest health in the Ukrainian Carpathians. Env. Poll. 130, 55–63.
- Striletz, R.O., 2014. Ekologichnij pasport Dnipropetrovs'koi oblasti [Ecological passport of Dnipropetrovsk region] (in Ukrainian).

Надійшла до редколегії 20.01.2015