

ВПЛИВ ВИХЛОПНИХ ГАЗІВ АВТОТРАНСПОРТУ НА ГЕНЕРАТИВНІ ОРГАНИ ПРЕДСТАВНИКІВ РОДУ *ACER L.*

Сараненко І.І., Шадура К.О.

Херсонський державний університет
вул. Університетська, 27, 73003, Херсон
i.i.saranenko@ukr.net

Одним із найпотужніших джерел забруднення довкілля є автотранспорт. Недосконале планування населених пунктів, відсутність або неструктурованість санітарно-захисних зон та зелених смуг досить часто стають основною причиною погіршення їх екологічного стану. Деякі деревні рослини чутливо реагують на зміну екологічних чинників та формують різні відповіді на їхню комплексну дію. Нові особливі властивості, що не притаманні екосистемі, відображають її емерджентність. За такими ознаками визначають придатність біоіндикації для екологічних досліджень, експертиз, прогнозування поведінки, стану та розвитку екосистем. Найбільшого антропогенного впливу зазнають урбоекосистеми, тому важливим є контроль за станом навколишнього середовища та своєчасний аналіз забрудненості території міста, у тому числі методами біоіндикації.

Стаття присвячена визначенню впливу вихлопних газів автотранспорту на генеративні органи деревних рослин, представників роду кленових (*Acer L.*), які зростають у селі Чернобаївка Херсонського району поряд з автотрасою Е58. Метою є виявлення біоіндикаційних властивостей генеративних органів деяких представників *Acer L.* Одночасно апробовано декілька методів оцінювання впливу вихлопних газів на показники плодоношення деревних рослин та вибрано такі, як: кількість суцвіть та плодів на модельних гілках; кількість плодів у суцвітті; ширина і довжина плода, маса 1000 насінин, життєздатність насіння. Визначено, що у досліджуваних видів порівняно з контролем зменшується число суцвіть і кількість плодів на модельній гілці (від 10 до 15%); довжина (13,3%) і ширина (21,0%) плодів, насіння, маса 1000 насінин – на 8,13%; життєздатність насіння клену гостролистого становить 51,0%, клену несправжньо-платанового – 68,5%, клену ясенелистого – 64,3%; тест-параметром та емерджентною властивістю для фітоіндикації забруднення середовища у моніторингових дослідженнях визначено зниження життєздатності насіння у клена гостролистого.

Найстійкішими виявилися генеративні органи клена ясенелистого та насіння клена несправжньо-платанового.

Ключові слова: біоіндикація, емерджентність, генеративні органи, життєздатність, тест-параметр.

Influence of vehicle exhaust gases on generative bodies of *Acer L.* Saranenko I., Shadura K.

One of the most powerful sources of environmental pollution is motor vehicles. Imperfect planning of settlements, lack or unstructured sanitary protection zones and green strips are often the main reason for the deterioration of their environmental condition. Some woody plants are sensitive to changes in environmental factors and form different responses to their complex action. New special properties that are not inherent in the ecosystem, reflect its emergence. Such features determine the suitability of bioindication for ecological research, expertise, forecasting the behavior, state and development of ecosystems. Urban ecosystems have the greatest anthropogenic impact, so it is important to monitor the state of the environment and timely analysis of pollution in the city, including bioindication methods.

This work is devoted to determining the impact of vehicle exhaust gases on the generative organs of woody plants, members of the genus Maple (*Acer L.*), which grow in the village of Chernobaivka, Kherson region near the highway E58. The aim is to identify the bioindication properties of the generative organs of some representatives of *Acer L.* Simultaneously, several methods of estimating the impact of exhaust gases on fruiting indicators of woody plants were tested and the following were selected: the number of inflorescences and fruits on model branches; the number of fruits in the inflorescence; width and length of the fruit, weight of 1000 seeds, seed viability.

It is determined that in the studied species, in comparison with the control, the number of inflorescences and the number of fruits on the model branch decreases from 10 to 15%; length (13.3%) and width (21.0%) of fruits, seeds, weight of 1000 seeds by 8.13%; seed viability of *Acer platanoides L.* is 51.0%, *Acer pseudoplatanus L.* – 68.5%, *Acer negundo L.* – 64.3%; test parameter and emergent property for phytoindication of environmental pollution in monitoring studies determined the decrease in seed viability in maple.

The most resistant were the generative organs of *Acer negundo L.* and seeds of *Acer pseudoplatanus L.* **Key words:** bioindication, emergence, generative organs, viability, test parameter.

Постановка проблеми. Одним із провідних критеріїв стійкості деревних рослин у жорстких екологічних умовах є їх репродуктивна здатність [1–3]. Нормальне функціонування кожної екосистеми включає успішне здійснення процесу її самовідновлення [4]. Це пов'язане з тим, що насіннєве розмноження деревних рослин відіграє провідну роль у збереженні генетичної гнучкості та стійкості більшості видів у лісових угрупованнях.

Актуальність дослідження. Дослідження репродуктивного розвитку рослин необхідне для прогнозу-

вання їх декоративності, що важливо у підборі асортименту для озеленення промислових підприємств, створення захисних смуг вздовж автомобільних шляхів [5] та загального архітектурного ансамблю міста [6]. Водночас чутливість генеративного розвитку до вихлопних газів робить перспективними пошуки інформативних тест-параметрів для фітоіндикації забруднення середовища у моніторингових дослідженнях [7].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В.П. Безсонова відзначила зниження кількості

плодів на модельній гілці деревних рослин, які ростуть у зоні емісії важких металів (марганець, хром, мідь, залізо), збільшення числа плодів, які опали, зниження маси 1000 насінин [8]. З.В. Грицай встановила, що підвищення концентрації SO_2 і NO_2 призводить до зниження інтенсивності плодоношення на 44,4% у *Acer platanoides*; на 38,5% – у *Acer pseudoplatanus* і на 30,8% – у *Acer negundo*, а також до зниження маси 1000 насінин у деревних видів роду *Acer*, що піддавалися дії емісії SO_2 , NO_2 .

Г.Г. Юхневич, І.М. Колесник [9] зазначили, що життєздатність насіння являється найбільш надійним і об'єктивним показником його якості.

К. Кіт, Л. Кілліп, П. Хе [10], С. Волошинська [11] дослідили, що вміст Pb у рослинах підвищується разом з інтенсивністю автомобільного руху і зменшується по мірі віддалення від дороги.

Яна Зіткова, Їтка Гегрова, Петр Анделц у 2018 році вивчали вплив засолення доріг на ялину європейську. Дослідження проводилося на півночі Чехії у Ліберецькому краї. Пошкодження рослинності проявляється в уповільненні росту, в'янненні, пожовтінні, зменшенні розміру хвої, некрозі кореневої системи, зниженні життєздатності насіння та затримці його проростання [12].

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. У місті Херсоні та агломерації вздовж автомобільних шляхів насажені переважно представники кленових та гіркогоштанових. Вплив вихлопних газів на генеративні органи роду *Acer* L. досліджені мало. Враховуючи масове ушкодження гіркогоштану звичайного мінуючою міллю, доцільно вивчати адаптацію кленових до умов зростання.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Дослідження проведені у межах комплексного вивчення біоіндикаційних властивостей деревних рослин в умовах міста Херсона та агломерації з метою виявлення інформативних тест-параметрів щодо визначення осередків забруднення повітря та ґрунтів.

Новизна. Метою роботи є виявлення емерджентних властивостей генеративних органів представників роду кленових та їх придатності для біоіндикації, екологічних досліджень, прогнозування стану і розвитку екосистем.

Методологічне або загальнонаукове значення. Для проведення дослідження апробовано одночасно декілька методів оцінювання впливу вихлопних газів на показники плодоношення деревних рослин.

Проби відбирали з модельних дерев, із південно-східного боку крони, з гілок середнього ярусу, п'ятого порядку галуження. Дослідження інтенсивності плодоношення визначали за методикою Н.Д. Нестеровича [13]. Життєздатність насіння, масу 1000 насінин визначали за державними стандартами [6, 14]. Результати експерименту опрацьовані статистично. Контрольною ділянкою вибрано парк Слави

у місті Херсоні, що знаходиться на значній відстані від автошляхів, де концентрація забруднюючих речовин не перевищує ГДК.

Викладення основного матеріалу. Для проведення дослідження вибрано тест-полігон площею 300 м², який знаходиться у селі Чорнобаївка Херсонського району поблизу автотраси Е58. У деревному покриві переважають: клен ясенелистий (*Acer negundo* L.), клен гостролистий (*Acer platanoides* L.), клен несправжньо-платановий (*Acer pseudoplatanus* L.).

У трав'яному покриві: амброзія полинолиста (*Ambrosia artemisiifolia* L.), гірчак звичайний (*Polygonum aviculare* L.), гикавка сіра (*Berteroa incana* (L.) DC.), злинка канадська (*Erigeron Canadensis* L.), перстач сріблястий (*Potentilla argentea* L.), буркун лікарський (*Melilotus officinalis* (L.) Pall), пирій повзучий (*Elytrigia repens* (L.) Nevski), кульбаба лікарська (*Taraxacum officinale* Wedd.ex Wigg.), лобода біла (*Chenopodium album* L.), кропива жалка (*Urtica urens* L.), тонконіг вузьколистий (*Poa angustifolia* L.), галінсога дрібноквіткова (*Galinsoga parviflora* Cav.), конюшина альпійська (*Trifolium alpestre* L.), лядвенець український (*Lotus ucrainicus* Klok.), цикорій дикий (*Cichorium intybus* L.)

Важливим фактором відновлення деревних рослин у лісових екосистемах є інтенсивність плодоношення. Цей показник має велике значення в оцінці стану фітоценозів, у прогнозуванні їх відновлення та розробленні природоохоронних заходів, типового видового складу рослинності для специфічних санітарно-захисних зон.

Наші дослідження впливу на інтенсивність плодоношення деревних рослин роду клен дали змогу встановити, що цей параметр в умовах забруднення у досліджуваних об'єктах знижується. У всіх досліджуваних порід спостерігається зменшення кількості суцвіть на модельній гілці у рослин дослідного варіанту порівняно з контрольним (табл. 1). Цей показник зменшується найбільш суттєво в *A.platanoides* і становить 66,43% від контролю. Найбільшу толерантність до забруднення за цим параметром проявляє *Acer pseudoplatanus*. Число суцвіть на модельній гілці порівняно з контролем становить 80,24% у клена ясенелистого і 83,87% у клена несправжньо-платанового.

Число плодів у суцвітті знижується у рослин (табл. 2), які зростали на тест-полігоні, порівняно з контрольними деревами. Однак цей параметр, на відміну від попереднього, порівняно з контролем падає у клена ясенелистого (на 2,02%) та у клена несправжньо-платанового (на 4,42%).

Як результат зниження показників числа суцвіть на модельній гілці та плодів у суцвітті (табл. 3), спостерігається зменшення загальної кількості плодів на модельній гілці дерев, що зростають в умовах забруднення. За ступенем зниження інтенсивності плодоношення досліджені види можна розташувати в такій послідовності: клен ясенелистий > клен несправжньо-платановий > клен гостролистий.

Таблиця 1

**Вплив вихлопних газів
на кількість суцвіть на модельній гілці**

Вид	Кількість суцвіть на модельній гілці, шт.		% від контролю
	контроль	тест-полігон	
Клен гостролистий	16,15±0,011	10,73±0,015	66,43
Клен несправжньо-платановий	11,6±0,068	9,73±0,045	83,87
Клен ясенелистий	11,59±0,083	9,3±0,056	80,24

Таблиця 2

**Вплив вихлопних газів
на кількість плодів у суцвітті**

Вид	Кількість плодів у суцвітті, шт.		% від контролю
	контроль	тест-полігон	
Клен гостролистий	7,67±0,019	7,23±0,022	94,26
Клен несправжньо-платановий	6,79±0,016	6,49±0,016	95,58
Клен ясенелистий	6,93±0,021	6,79±0,014	97,98

Таблиця 3

**Вплив вихлопних газів
на кількість плодів на модельній гілці**

Вид	Кількість плодів на модельній гілці, шт.		% від контролю
	контроль	тест-полігон	
Клен гостролистий	124,44±0,44	77,33±0,42	62,14
Клен несправжньо-платановий	78,67±0,46	67,73±0,32	86,09
Клен ясенелистий	75,15±0,61	65,83±0,58	87,6

Таблиця 4

Вплив вихлопних газів на довжину плода

Вид	Довжина плода, мм.		% від контролю
	контроль	тест-полігон	
Клен гостролистий	44,28±0,061	33,9±0,097	76,56
Клен несправжньо-платановий	28,64±0,073	25,62±0,037	89,46
Клен ясенелистий	40,62±0,049	38,22±0,037	94,04

Таблиця 5

Вплив вихлопних газів на ширину плода

Вид	Ширина плода, мм.		% від контролю
	контроль	тест-полігон	
Клен гостролистий	14,06±0,029	11,6±0,024	82,5
Клен несправжньо-платановий	12,48±0,048	9,86±0,046	79,01
Клен ясенелистий	9,12±0,029	6,9±0,015	75,66

Згідно з літературними джерелами, чинники навколишнього середовища впливають на процеси формування, росту та розвитку плодів і насіння [11, 15]. Дія на ці показники забруднення середовища вивчена недостатньо. Нами проведено дослідження впливу забруднення викидами автотранспорту на деякі морфометричні показники плодів та насіння.

Аналіз отриманих результатів свідчить про зменшення довжини та ширини плодів у всіх досліджених порід в останній стадії росту (табл. 4, 5).

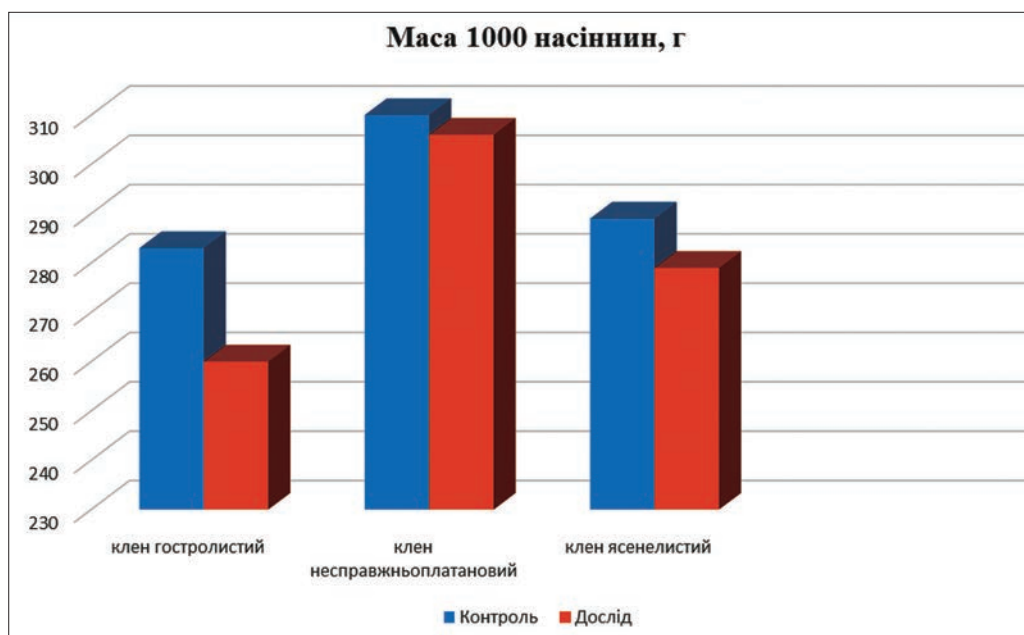


Рис. 1. Вплив вихлопних газів на масу 1000 насінин клена гостролистого, клена несправжньо-платанового, клена ясенелистого

У кленів спостерігається збільшення кількості плодів із порушенням розвитку – недорозвиненість крил, редукція одного крила у кленів, аномальні форми крил. Насіння, що знаходилося в цих плодах, було переважно нежиттєздатним.

Для характеристики якості насіння і насінневого відновлення важливе значення має така величина, як маса 1000 насінин. Цей параметр у всіх досліджених видів зменшується у дослідному варіанті, порівняно з контрольним (рис. 1). Так, у клена несправжньо-платанового маса 1000 насінин порівняно з контролем менша на 1,3%, у клена ясенелистого – на 3,43%, у клена гостролистого – на 8,13%.

Дослідження життєздатності насіння показало, що в умовах незабрудненої зони найнижча життєздатність насіння – у клена гостролистого (79,8%). В умовах дії на рослини викидів автотранспорту життєздатність насіння у всіх порід зменшується, причому цей показник найбільш суттєво падає у клена гостролистого. Найбільшу толерантність до забруднення проявляє насіння клена ясенелистого та клена несправжньо-платанового (рис. 2).

Таким чином, вихлопні гази негативно впливають на показники формування, росту і розвитку плодів у деревних рослин. У досліджених порід знижується інтенсивність плодоношення, зменшуються розміри плодів, насіння, падає маса 1000 насінин, знижується їхня життєздатність. Найбільш чутливим до забруднення середовища за зміною морфометричних показників плодів і насіння є клен гостролистий. Зниження життєздатності насіння у клена гостролистого ми пропонуємо як чутливий тест-параметр для діагностування стану рослин та фітоіндикації забруднення ґрунтів у моніторингових дослідженнях.

За сукупністю змін характеристик плодів і насіння дерев в умовах дії на них викидів автотранспорту серед досліджених об'єктів виділили види, які проявляють більшу толерантність до забруднення (клен несправжньо-платановий та клен ясенелистий). Найбільшу чутливість до забруднення за дослідженими показниками проявляє клен гостролистий. Ці дані ми пропонуємо враховувати під час підборі асортименту рослин для озеленення територій, що прилягають до автотрас та промислових комплексів.

Головні висновки.

1. Зростання рослин роду *Acer L.* в умовах впливу вихлопних газів призводить до зниження інтенсивності їх плодоношення. У видів, що досліджуються, зменшується число суцвіть і кількість плодів на модельній гілці від 10 до 15%.

2. У досліджених порід спостерігається зменшення довжини і ширини плодів, насіння, зниження маси 1000 насінин на 8,13%.

3. Життєздатність насіння клену гостролистого становить 51,0% від контролю, клену несправжньо-платанового – 68,5%, клену ясенелистого – 64,3%.

4. Найбільшу чутливість до забруднення за сукупністю змін показників плодів і насіння проявив клен гостролистий, найменшу – клен несправжньо-платановий.

5. Виявлені емерджентні властивості деревних рослин, які доцільно використовувати як тест-параметри для фітоіндикації забруднення середовища у моніторингових дослідженнях. Найінформативнішим є зниження життєздатності насіння у клена гостролистого.

Перспективи використання результатів дослідження. Виявлені чутливі показники клена гостролистого, які доцільно використовувати як тест-параметри забруднення повітря та ґрунту.

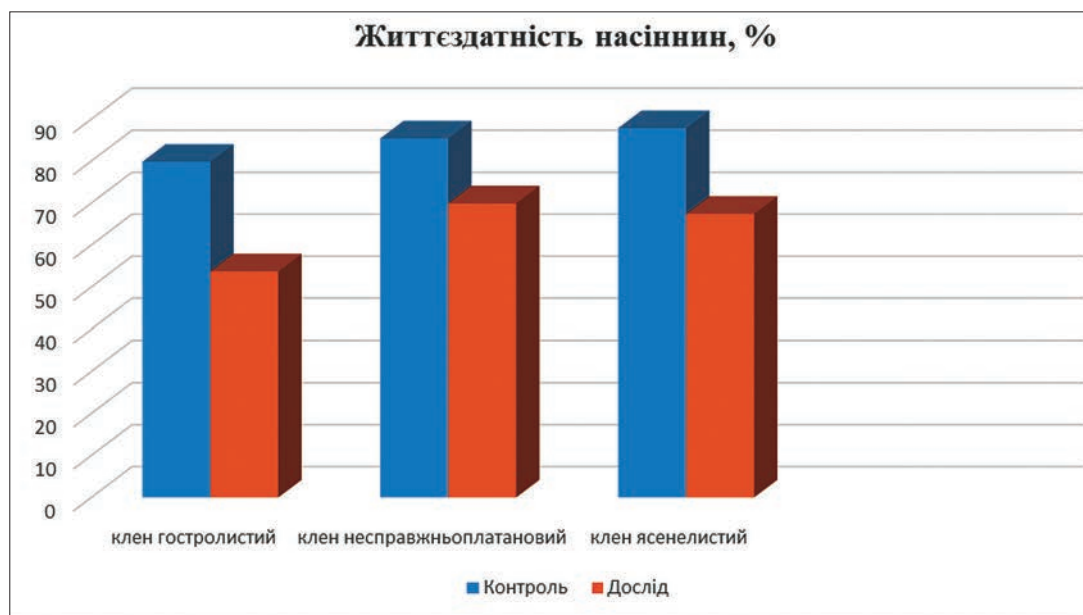


Рис. 2. Вплив вихлопних газів на життєздатність насіння: клена гостролистого, клена несправжньо-платанового, клена ясенелистого

Література

1. Бессонова В.П., Юсипова Т.И. Семенное возобновление древесных растений и промышленные поллютанты (SO₂ и NO₂). Запорожье, 2001. 193 с.
2. Бессонова В.П., Зайцева І.А. Вміст важких металів у листі дерев і чагарників в умовах техногенного забруднення різного походження. *Питання біоіндикації та екології*. Вип. 13, №2. 2008. URL: http://sites.znu.edu.ua/bioindication/issues/13-2/bessonova_zaiuseva.pdf. (дата звернення: 12.11.2021).
3. Грицай З.В. Показники плодоношення деревних рослин як чутливі тест-параметри для використання в моніторингових дослідженнях. *Фальцфейнівські читання*. Херсон, 2007. С. 82–86.
4. Цветкова Н.Н., Дубина А.А. Миграция органо-минеральных веществ тяжелых металлов в искусственных дубовых насаждениях степной зоны Украины. *Вісник Дніпропетр. ун-ту. Біологія. Екологія*. Вип. (9). 2001. С.67–70.
5. Сараненко І.І. Деякі аспекти екологічного моніторингу стану санітарно-захисних зон. *Екологічна безпека*. Кременчук: КрНУ ім. М. Остроградського, 2010. Вип. 2 (10) С. 36–38.
6. ДСТУ 7243:2011 Якість ґрунту. Землі техногенно забруднені. Обстеження та використання. [Чинний від 2012-01-01]. Київ, 2012. 16 с. (Інформація та документація).
7. Сараненко І.І. Аналіз стійкості представників роду *Aesculus* L. до забруднення довкілля в умовах міста Херсона. *Екологічні науки* 3 (22). Київ: ДЕА, 2018. С. 53–56.
8. ДСТУ 7080:2009. Якість ґрунту. Проведення польових дослідів. Основні вимоги. [Чинний від 2009-10-27]. Київ, 2009. 10 с. (Інформація та документація).
9. Юхневич Г.Г., Колесник І.М. Микроорганизмы в биоиндикации и биотестировании: лаб. практикум. Гродно: ГрГУ, 2012. 51 с.
10. Keith K.E., Killip L., He P. et al. Burkholderia cenocepacia produces a pigment with antioxidant properties using a homogentisate intermediate. *Journal of bacteriology*. 2007. V. 189, № 24. P. 9057–9065.
11. Волощинська С.С. Біоіндикація стану забруднення довкілля важкими металами (на прикладі автомагістралі «Київ-Варшава»). *Вісник ДНУ. Біологія. Екологія*. Дніпропетровськ, 2008. Вип. 16, т. 2. С. 24–28.
12. Jana Zítková, Jitka Hegrova, Petr Andelc. Bioindication of road salting impact on Norway spruce (*Picea abies*). *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. Volume 59, March 2018, Pages 58–67. URL: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.12.010> (дата звернення: 05.11.2021).
13. Нестерович Н.Д. Плодоношение интродуцированных древесных растений в БССР. Минск: изд-во АН БССР, 1958. 383 с.
14. ДСТУ 8558:2015 Насіння дерев і кущів. Методи визначення посівних якостей (схожості, життєздатності, доброякісності) [Чинний від 2017–01-01]. Київ, 2017. 15 с. (Інформація та документація).
15. Дубина, А.О., Сараненко І.І., Цветкова Н.М. Розподіл важких металів (Fe, Mn, Cu, Zn, Ni, Pb, Cd) в ґрунтах м. Кременчука. *Сучасні проблеми біології екології та хімії: матеріали міжнар. конф., присвяченої 20-річчю біологічного факультету ЗНУ*, 29.03 – 01.04. 2007 р. Запоріжжя: ЗНУ, 2007. С. 466–467.