

МАЗУРА М. Ю.

ДУ «Інститут еволюційної екології НАН України»,
Україна, 03143, м. Київ, вул. Академіка Лебедева, 37, ORCID: 0000-0001-5260-1893, e-mail: marinamazura1978@gmail.com

ЧУТЛИВІСТЬ ПИЛКУ *TARAXACUM OFFICINALIS* (L.) WEBER EX F. H. WIGG ДО ДІЇ АЕРОГЕННОГО ЗАБРУДНЕННЯ В УМОВАХ МЕГАПОЛІСУ

Мета. Методом паліноіндикації встановити наслідки впливу автомобільних викидів на навколишнє середовище м. Київ. **Методи.** Якість пилку рослин *Taraxacum officinalis* (L.) Weber ex F. H. Wigg визначали йодним методом (фарбування за Грамом). Тератоморфними вважали всі пилкові зерна без типових ознак морфологічної будови (тобто всі, крім нормально розвинених). **Результати.** Досліджено вплив аерогенного навантаження на життєздатність пилку рослин *Taraxacum officinalis* на тест-полігонах паркових екосистем міста Києва із різною інтенсивністю руху транспорту й наближеністю до міських автошляхів. Встановлено, що в умовах мегаполіса за різної дії забруднення повітря якісні показники пилку біоіндикатора залишаються високими, у межах 77,79 % (тест-полігон №1, який розташований найближче до автошляхів де N_{ox} дорівнює 2,11 г/с, CH_4 – 2,86 г/с.) до 81,77 % (тест-полігон № 2 у Маріїнському парку, який має найкращі екологічні умови: суміш оксидів нітрогену становить 0,41, що практично у п'ять разів менше ніж на тест-полігоні №1 у парку Перемоги). Найбільшу частку тератоморфного пилку (34,98 %) зафіксовано у рослин *T. officinalis* у парку Перемоги тест-полігон №1, найменшу (26,86 %) мають рослини, які зростають у Маріїнському парку на тест-полігоні №2. При аналізі даних, визначено, що високий рівень зворотного кореляційного зв'язку має показник фертильності пилкових зерен зі всіма дослідженими складниками аерогенного забруднення (r = від -0,57 – сполуки Pb до -0,73 – сажа). **Висновки.** Тому якісні показники пилку фітоіндикатора *T. officinalis* можуть бути рекомендовані для використання в системі екологічного моніторингу навколишнього середовища з різним ступенем аерогенного навантаження.

Ключові слова: біоіндикатор, фертильність пилку, антропогенне навантаження, паркові екосистеми.

Постійне скорочення зелених насаджень, їх перебудова, руйнування, будівництво без

урахування наслідків для природних екосистем призводить до значного скорочення зеленої інфраструктури у містах, місцевих та регіональних катастроф. Тому необхідно постійно відстежувати зміни, рівень збереженості природних екосистем та зеленої інфраструктури у містах, у градієнті місто – сільські території, приймати збалансовані та правильні управлінські рішення як на рівні місцевого самоврядування, так і в межах держави [1-3].

Паркові екосистеми є важливим показником стабільності міських екосистем. Вони надають важливі та унікальні екосистемні послуги та є ланками, що пов'язують фрагментовані ландшафти, перешкоджають перериванню потоків речовини та енергії в умовах урбанізації та змін клімату [4, 5]. Оскільки невід'ємною складовою біоти для урболандшафтів є рослини, цілком виправданим є використання їх як індикаторів [6, 7]. В екологічно несприятливих умовах рослини продукують більшу кількість стерильних пилкових зерен, тому завдяки аналізу пилку можна проводити порівняльну оцінку рівня забруднення різних зон швидко [8-10].

Метою нашого дослідження методом паліноіндикації (оцінка за тестом «Стерильність пилку рослин-біоіндикаторів») встановити наслідки впливу автомобільних викидів на навколишнє середовище м. Київ. Фітоіндикатором було обрано Кульбабу лікарську (*Taraxacum officinalis* (L.) Weber ex F. H. Wigg), тому що у місті вона є поширеною, найбільш невибагливою придорожною рослиною і відповідає всім вимогам, поставленим до рослини-індикатора та належить до другої групи стійкості [4, 5].

Матеріали і методи

Для дослідження пилку *T. officinale* відбирали на стадії масового квітування і переносили у краплю йодного розчину. Враховуючи, що фертильні й стерильні клітини пилку рослин відрізняються за вмістом крохмалю, якість пилку визначали йодним методом (фарбування за Грамом) [4, 6]. Тератоморфними вважали всі

© МАЗУРА М. Ю.

пилкові зерна без типових ознак морфологічної будови (тобто всі, крім нормально розвинених) [3, 4]. Дослідження проводили за допомогою мікроскопів Nikon Eclipse E100 та фотокамери Canon DS 126291. Біометричні заміри пилкових зерен *T. officinale* робили в програмі AxioVision на збільшенні (x40) у мкм.

Стерильність пилкових зерен визначали за формулою 1:

$$S = \frac{G}{N} \times 100\% \quad (1)$$

де S – частка стерильного пилку (%); G – кількість стерильних пилкових зерен (шт.); N – кількість досліджених пилкових зерен (шт.). Потім знайшли помилку розрахунку за формулою 2:

$$m = \mp \sqrt{\frac{S \cdot (100 - S)}{N}}, \% \quad (2)$$

Для досліджень були взяті паркові екосистеми у двох адміністративних районах Києва: Парк Перемоги – Дарницький район (лівий берег Дніпра) та Маріїнський парк – Печерський район (правий берег Дніпра), які відрізняються між собою за рівнем забруднення атмосферного повітря, водних об'єктів, насиченістю території міста вулично-дорожньою мережею і т.п. У кожному парку для визначення чутливості пилку фітоіндикатору було обрано по три тест-полігони з різною віддаленістю від дороги.

Парк Перемоги. Дарницький район, з хорошою екологічною ситуацією, парк знаходиться поряд з автошляхом (позначеним оранжевим кольором) – проспект Визволителів, навантаження транспортом становить 2356,5 авто/год. Тест-полігон №1 розташований біля міської дороги на відстані близько 7 м, підлягає масовому вигоптуванню. Тест-полігон №2 знаходиться у центрі парку на відстані 276 м від міської дороги (навантаження 2356,5 авто/год) та 7 м від центральної пішохідної дороги парку, рівень вигоптування низький, тому саме цей полігон обраний контролем. Тест-полігон №3 знаходиться на відстані близько 332 м від центральних автошляхів, але територія зростання *T. officinale* розташована біля дитячого майданчику та мережі прогулянкових доріжок (рис.). Ступінь забезпеченості ґрунту рН (сольове) нейтральне, та становить – $6,67 \pm 0,150$ (ДСТУ ISO 10390:2007), частка органічної речовини висока та становить – $2,72 \pm 0,545$ % (ДСТУ 4289:004).

Маріїнський парк. Печерський район (центральний район міста), найменший по площі, але густонаселений, з високим відсотком

висотної забудови та автодоріг. Парк розташований поблизу дороги з навантаженням (2010 авто/год) – вул. Михайла Грушевського. Тест-полігон №1 знаходиться біля автошляху на відстані 4 м, рівень вигоптування середній. Тест-полігон №2 – у центрі парку, рівень вигоптуванні мінімальний, відстань від міської дороги становить 167 м, тому цю ділянку обрано контролем. Тест-полігон №3 розташований якнайдалі (272 м) від центральної дороги, але поблизу майданчику де курсують: дитячий потяг, велосипеди, самокати, тому рівень вигоптування середній (рис.).

Результати та обговорення

За останні роки показник автомобілізації у Києві виріс, перевантаження автошляхів транспортом спричинює у місті часті затори, що призводить до перевищення гранично допустимих концентрацій шкідливих речовин (ГДК) та негативно впливає на навколишнє середовище. За найбільшою масовою часткою у відпрацьованих газах автомобілів присутні оксид вуглецю, двоокис азоту, вуглеводні, двоокис сірки, пил, бензопірен, свинець [3, 5].

При палінотоксичній оцінці парків Києву увагу приділили впливу автомобільних вихлопів на якість пилку (фертильність та тератоморфність) рослин *T. officinale*. У наших дослідженнях були обраховані такі показники забруднення транспортом, як: суміш оксидів нітрогену (No_x), вуглеводні (СН), сажа (C_nH), діоксид сульфору (SO_2), формальдегід, сполуки Pb та їх вплив на якісні показники пилку фітоіндикатору (табл. 1).

Встановлено, що рослини *T. officinale* мають різну частку морфологічно зміненого пилку за дії аерогенного забруднення. Так, найбільший відсоток тератоморфного пилку (34,98 %) з досліджених полігонів має біоіндикатор, який зростає у парку Перемоги тест-полігон №1, який розташований найближче до автошляхів де No_x дорівнює 2,11 г/с, СН – 2,86 г/с. Найменшу частку морфологічно зміненого пилку (26,86 %) зафіксовано у рослин *T. officinale*, які зростають у Маріїнському парку на тест-полігоні №2, було обрано контролем, так як, має найкращі екологічні умови: суміш оксидів нітрогену становить 0,41, що практично у п'ять разів менше ніж на тест-полігоні №1 у парку Перемоги (табл. 1).

При аналізі даних на тест-полігонах окремої паркової екосистеми також встановлено, що рослини *T. officinale* мають різну тератоморфність пилку. На тест-полігонах у Маріїнському

парку найменше 26,86 % морфологічно зміненого пилку зафіксовано у центрі парку тест-полігон №2, який знаходиться вдалині від міської дороги, а на тест-полігоні №1, який розташований на узбіччі дороги рівень тератоморфності вищий та становить 28,11 % (табл. 2). Такий розподіл аномального пилку фітоіндикатора *T. officinale* на градієнті збільшення аерогенного забруднення доквілля можна розглядати як адаптивну реакцію рослин до зростання в антропогенно трансформованому середовищі.

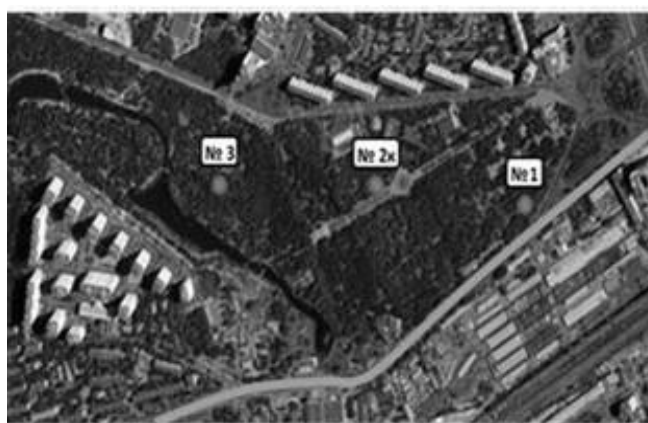
При дослідженні пилку біоіндикатора *T. officinale* за різної концентрації аерогенного забруднення транспортом у досліджених паркових екосистемах мегаполіса виявлено високу життєздатність – у межах 80 %, що свідчить про високий рівень стійкості обраного фітоіндикатора.

Найбільший вплив транспортних викидів на чутливість пилку *T. officinale*, зафіксовано на тест-полігоні №1 у парку Перемоги. Цей полігон розташований біля міської дороги на відстані близько 7 м, що посилює аерогенне навантаження на рослини, до того ж ця ділянка підлягає масовому витоптуванню, суміш оксидів нітрогену у 5 разів більша ніж у Маріїнському парку, тому частка фертильного пилку фітоіндикатора найнижча та становить 77,79 %.

Найбільший показник фертильності пилку (81,77 %) мають рослини *T. officinale*, які зростають в більш сприятливих екологічних умовах на тест-полігоні №2 у Маріїнському парку (рис., табл. 1, 2).

Для встановлення рівня залежності якісних показників пилку *T. officinale* від концентрації аерогенного забруднення проведено кореляційний аналіз табл. 3.

При аналізі даних, визначено, що високий рівень зворотного кореляційного зв'язку має показник фертильності пилкових зерен зі всіма дослідженими складниками аерогенного забруднення (r = від -0,57 – сполуки Рb до -0,73 – сажа). Простежуємо цікаву тенденцію між такими показниками пилку як, стерильність та тератоморфність з деякими індициантами аерогенного забруднення, які мають прямий кореляційний аналіз середнього рівня, з формальдегідом (r = 0,49), з діоксидом сульфуру (r = 0,47 з показником стерильність пилку та r = 0,49 з тератоморфністю пилкових зерен), вищі показники кореляційного зв'язку має сажа (r = 0,53 зі стерильність та r = 0,54 з часткою тератоморфності чоловічого гаметофіта). Означене вище свідчить про чутливість генеративної системи обраного біоіндикатора та високий рівень адаптації до впливу забруднюючих речовин в умовах паркових екосистем Києву.



Парк Перемога



Маріїнський парк

Рис. Карта парків з дослідними тест-полігонами (м. Київ).

Таблиця 1. Показники забруднюючих речовин транспортом у парках мегаполіса

Тест-полігони	Показники забруднення транспортом, г/с					
	NO _x	СН	СnН	SO ₂	Формальдегід	сполуки Pb
ПП №1	2,11	2,86	0,01	0,13	0,02	0,02
ПП №2к						
ПП №3						
МП №1	0,41	0,52	0	0,02	0	0
МП №2к						
МП №3						

Таблиця 2. Якісні показники пилку рослин *T. officinale* на тест-полігонах в умовах мегаполіса

Тест-полігони	Відстань від дороги (м)	Кіл-ть авто (шт.)	Сума забр. речовин мг/м ²	Всього до-сліджено пилкових зерен (шт.)	Кіл-ть Ст. пилку (%)	Кіл-ть Фер. пилку (%)	Кіл-ть Тер. пилку (%)
ПП №1	7	2356,50	0,1161	2184	22,20	77,79	34,98
ПП №2к	276			2125	20,80	79,20	30,54
ПП №3	332			2043	20,60	79,39	30,78
МП №1	4	2010	0,0861	2230	21,43	78,57	28,11
МП №2к	167			2014	18,22	81,77	26,86
МП №3	272			2073	19,82	80,17	27,15

Таблиця 3. Зв'язок показників якості пилку *T. officinale* зі складовими автомобільного забруднення в межах мегаполіса

	Всього пилкових зерен (шт)	Кіл-ть Ст. пилку (шт)	Кіл-ть Фер. пилку (шт)	Кіл-ть Тер. пилку (шт)
NO _x	-0,44	0,42	-0,64	0,43
СН	-0,46	0,36	-0,62	0,38
Сажа	-0,47	0,53	-0,73	0,54
SO ₂	-0,47	0,47	-0,70	0,49
Формальдегід	-0,46	0,49	-0,69	0,49
Сполуки Pb	-0,41	0,35	-0,57	0,37

Висновки

Означене вище свідчить про чутливість генеративної системи обраного біоіндикатора *T. officinale* та високий рівень адаптації до впливу забруднюючих речовин в умовах паркових екосистем Києву. Тому, показник підвищеної

продукції абортивного і тератоморфного пилку *T. officinale* можна використовувати в системі екологічного моніторингу об'єктів навколишнього середовища, що зазнають різну ступінь антропогенного навантаження.

References

- Miroshnyk N. V., Teslenko I. K., Polishchuk Z. V. Anthropogenic changes in the ecological conditions of the park ecosystems of Lysa Gora tract (Kyiv). *Environmental sciences*. 2020. № 32. P. 112–120. doi: 10.32846/2306-9716/2020.eco.5-32.16. [in Ukrainian]
- Miroshnyk N. V., Tertychna O. V., Teslenko I. K. Assessment of ecological threats to park forest ecosystems. *Factors of experimental evolution of organisms*. 2019. Vol. 25. P. 348–354. doi: 10.7124/FEEO.v25.1190. [in Ukrainian]
- Miroshnyk N. V., Grabovska T. O., Mazura M. Yu, Teslenko I. K. Bioindication of megalopolis park ecosystems under aerotechnogenic loading. *Folia Forestalia Polonica, Series A – Forestry*. 2022. Vol. 64 (1). P. 15–37. doi: 10.2478/ffp-2022-0003.
- Mazura M. Yu., Myroshnyk N. V., Teslenko I. K. Sensitivity of the photosynthetic apparatus of plants *Taraxacum officinale* (L.) Weber ex f.h.Wigg. in the conditions of a metropolis. *Herald of the Kyiv National University named after T. Shevchenko. Biology*. 2022. 1 (88). P. 25–32. doi: 10.17721/1728.2748.2022.88.25-32. Retrieved from: <https://bio.visnyk.knu.ua/issue/view/vol88-n2/article3>. [in Ukrainian]
- Mazura M. Yu. Assessment of the anthropogenic burden of the Feofania horticulture park by various methods of phytoidication. *Actual problems, ways and prospects for the development of landscape architecture, horticulture, urban ecology and phytomelioration* : International scientific and practical conf. Bila Tserkva, 2022. P. 146–150. [in Ukrainian]

6. Mazura M. Yu., Leshchenyuk O. M., Teslenko I., Yurchuk M. I. Analysis of the sensitivity of pollen of *Canna* L. plants under conditions of aerotechnogenic pressing. *Environmental sciences*. 2020. № 3 (30). P. 182–187. [in Ukrainian]
7. Cuinica L. G., Cruz A., Abreu I., Joaquim C. G., Esteves da Silva Effects of atmospheric pollutants (CO, O₃, SO₂) on the allergenicity of *Betula pendula*, *Ostrya carpinifolia*, and *Carpinus betulus* pollen. *International Journal of Environmental Health Research*. 2015. P. 312–321. doi: 10.1080/00173134.2013.830145.
8. Azzazy M. Environmental impacts of industrial pollution on pollen morphology of *Eucalyptus globulus* Labill. (Myrtaceae). *App. Biol. Biotech.* 2016. Vol. 4. P. 57–62. doi: 10.7324/JABB.2016.40509.
9. Barabash O. V. Estimation of the level of atmospheric air pollution by dendroindication method. *Environmental sciences*. 2019. № 4 (27). P. 102–107. doi: 10.32846/2306-9716-2019-4-27-14.
10. Weryszko-Chmielewska E., Chwil M. The morphology of pollen presenter and polymorphism of pollen grains *Taraxacum officinale* F. H. Wigg. *Acta agrobotanica*. 2006. Vol. 59 (2). P. 109–120. doi: 10.5586/aa.2006.066.

MAZURA M. Yu.

State University "Institute of Evolutionary Ecology of the National Academy of Sciences of Ukraine",
Ukraine, 03143, Kyiv, Akademika Lebedeva str., 37

SENSITIVITY OF *TARAXACUM OFFICINALIS* (L.) WEBER EX F. H. WIGG POLLEN TO AEROGENIC POLLUTION IN THE CONDITIONS OF A MEGA CITY

Aim. To determine the consequences of the impact of automobile emissions on the environment of the city of Kyiv using the palynological method. **Methods.** The quality of *Taraxacum officinalis* (L.) Weber ex F. H. Wigg pollen was determined by the iodine method (Gram staining). All pollen grains without typical signs of morphological structure (that is, all but normally developed) were considered teratomorphic. **Results.** The effect of aerogenous load on the viability of *Taraxacum officinalis* plant pollen was studied at test sites of park ecosystems of the city of Kyiv with different traffic intensities and proximity to city highways. It was established that in the conditions of the metropolis under various effects of air pollution, the quality indicators of the pollen of the bioindicator remain high, within 77.79 % (test site No. 1, which is located closest to the highways, where No_x is 2.11 g/s, CH – 2,86 g/s) to 81.77 % (test site No. 2 in Mariinsky Park, which has the best environmental conditions: the mixture of nitrogen oxides is 0.41, which is almost five times less than at test site No. 1 in Peremohy Park). The largest share of teratomorphic pollen (34.98 %) was recorded in *T. officinalis* plants in Peremogy Park test site No. 1, the smallest (26.86 %) was found in plants growing in Mariinsky Park at test site No. 2. When analyzing the data, it was determined that a high level of inverse correlation has an indicator of the fertility of pollen grains with all investigated components of air pollution ($r =$ from -0.57 – Pb compounds to -0.73 – soot). **Conclusions.** Therefore, the qualitative indicators of the pollen of the phytoindicator *T. officinalis* can be recommended for use in the system of ecological monitoring of the environment with different degrees of aerogenic load.

Keywords: bioindicator, pollen fertility, anthropogenic load, park ecosystems.