

УДК 502.3/.7

DOI <https://doi.org/10.32782/2415-8151.2024.33.31>

ТОЛЕРАНТНІСТЬ ДЕКОРАТИВНИХ ЗЛАКІВ ДО ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯ В УМОВАХ КАМПУСА ННЦ «ІНСТИТУТ БІОЛОГІЇ ТА МЕДИЦИНИ» КИЇВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Таран Наталія Юріївна¹, Горупаха Віта Геннадіївна²,
Бацманова Людмила Михайлівна³, Смірнов Олександр Євгенович⁴

¹ доктор біологічних наук, професор,
Київський національний університет імені Тараса Шевченка,
Київ, Україна,

e-mail: ny_taran@ukr.net, orcid: 0000-0002-8669-5899,

² магістр,
Київський національний університет імені Тараса Шевченка,
Київ, Україна,

e-mail: horupahavita@gmail.com, orcid: 0009-0003-0149-1593,

³ кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник,
Київський національний університет імені Тараса Шевченка,
Київ, Україна,

e-mail: l.batsmanova@gmail.com, orcid: 0000-0002-7995-8187

⁴ кандидат біологічних наук, доцент,
Київський національний університет імені Тараса Шевченка,
Київ, Україна;

Інститут фізіології рослин і генетики Національної академії наук України,
Київ, Україна,

e-mail: oleksandr.smirnov@knu.ua, orcid:0000-0002-2293-5961

Анотація. Забруднення повітря є глобальним явищем, яке спричинене нестійким і швидким розвитком промисловості. Якість повітря погіршується з кожним днем через збільшення концентрації різних газів в атмосфері. На разі ще не розроблено жодної системи, яка б повністю видаляла забруднювачі повітря, проте природа вже створила низку систем, які певною мірою протидіють шкідливому впливу різних видів антропогенної діяльності. Деякі рослини можуть витримувати високі концентрації забруднювачів і діяти як поглиначі або фільтри, які мінімізують забруднення повітря шляхом поглинання, адсорбції, детоксикації, накопичення та метаболізму забруднення.

Мета – оцінити толерантність до забруднення повітря рослин декоративних злаків у трансформованих умовах кампуса ННЦ «Інститут біології та медицини» Київського національного університету імені Тараса Шевченка.

Методологія. Використовувалися загальноприйняті біохімічні методи аналізу рослинної сировини (визначення вмісту суми хлорофілів, аскорбінової кислоти, рН екстракту листків, відносний вміст води), статистичні методи аналізу.

Результати. Рослини, які можуть адаптуватися до більш високих концентрацій забруднювачів, можуть бути запропоновані як толерантні види і використовуватись як поглиначі забруднення. У цьому дослідженні було вивчено

індекси толерантності до забруднення повітря (АРТИ-індекс) декоративних злаків Міскантусу китайського сорту *Zebrinus*, Міскантусу китайського сорту *Silberfeder*, Пенісетуму лисохвостого сорту *Hameln*, які зростають у трансформованих умовах кампуса ННЦ «Інститут біології та медицини» Київського національного університету імені Тараса Шевченка. АРТИ-індекс широко використовується для визначення реакції рослин на забруднення повітря, заснований на фізіолого-біохімічних параметрах – маркерах функціонального стану рослин, таких як загальний уміст хлорофілу в листках, рН екстракту листків, уміст аскорбінової кислоти, відносний уміст води. Озеленювачі використовують АРТИ для відбору толерантних видів рослин, для ранжирування рослин за рівнем толерантності до забруднення повітря.

Наукова новизна. Проведені дослідження декоративних злаків родів *Miscanthus* та *Pennisetum*, які зростають у трансформованих умовах міського біотопу, вказують, що рослини є толерантними до забруднення повітря, сухості ґрунтового покриву та надмірної кількості повітряних мас як за ознаками декоративності, так і за фізіологічними параметрами стійкості, що дає змогу рекомендувати їх для широкого використання у ландшафтному дизайні міських просторів.

Практична значущість. Індекс толерантності до забруднення повітря є чудовим підґрунтям для відбору рослин для створення зелених смуг для пом'якшення забруднення повітря. Відбір толерантних видів рослин сприятиме створенню бази даних, яка може допомогти озеленювачам проєктувати зелені пояси навколо промислових підприємств і національних автомагістралей.

Ключові слова: декоративні злаки, АРТИ-індекс, загальний уміст хлорофілів у листках, рН екстракту листків, уміст аскорбінової кислоти, відносний уміст води, толерантність до забруднення повітря, Міскантус китайський, Пенісетум лисохвостий, ландшафтний дизайн, мікроландшафт.

ВСТУП

Родина злакових (Poaceae і Gramineae) складається з понад 11 500 видів, у 12 підродинах, 52 трибах, 90 підтрибах і понад 768 родах, що робить їх третіми за кількістю родів серед найпоширеніших квіткових рослин [24]. Види культурних трав'янистих рослин, окрім зернових, які є продовольчими культурами, мають економічне, екологічне, природоохоронне, рекреаційне та естетичне значення, широко використовуються для газонів, кормів, пасовищ, декоративних ландшафтів і як сировина для біопалива, а також дикорослі трав'янисті рослини на природних луках, у лісах і пустелях. Неїстівні види рослин мають безпосередній вплив на життя всіх людей і опосередковано забезпечують багато функцій і переваг для людини та суспільства. Наприклад, вони прикрашають ландшафт, захищають навколишнє середовище, покращують здоров'я людей, поліпшують рекреаційну діяльність людей, забезпечують корм для худоби та диких тварин, є альтернативним джерелом енергії для біоенергетичної сировини, а також забезпечують природні місця існування для диких тварин [5; 11; 8; 14; 4].

Для трав'янистих рослин характерні різноманітні репродуктивні механізми, включаючи перехресне запилення, самозапилення, клонування, апоміксис і гібридизацію між видами, які забезпечують широке генетичне різноманіття й дають змогу трав'янистим рослинам адаптуватися до широкого діапазону кліматичних умов.

Злакові трави за вегетаційною активністю класифікуються на рослини прохолодної (Pooideae) та теплої (Aristidoideae, Arundinoideae, Micrairoideae, Danthonioideae, Chloridoideae, Panicoideae) пори року. Для холодостійких трав характерний шлях фотосинтезу С3-типу, і ростуть вони переважно в помірному кліматі, тоді як трави теплої пори року використовують С4-шлях фотосинтезу і ростуть переважно в теплому сухому кліматі, вони починають активно вегетувати значно пізніше «холодних» трав при середньодобовій температурі більше 10 °С [11].

Трав'янисті види включають однорічні рослини, які завершують свій життєвий цикл, і багаторічні, котрі мають довший життєвий цикл – два роки і більше. Трави утворюють насіння або розмножуються вегетативно бічними пагонами (кущиками) та повзучими стеблами (столонами і кореневищами). Саме

здатність дочірніх рослин регенерувати зі стolonів і кореневищ дає змогу трав'янистим рослинам витримувати скошування, випас худоби та пожежі, а також відновлюватися після екологічних стресів, погодних умов та інших несприятливих обставин, які є згубними для інших видів рослин. Окрім того, трави утворюють симбіоз із мікроорганізмами і сприяють зростанню та адаптації у несприятливих умовах навколишнього середовища, таких як ґрунти з дефіцитом поживних речовин і води, збільшуючи біорізноманіття на оброблюваних землях і в природних екосистемах.

Різноманітність генетики трав, характеристик росту і розвитку, функціональних можливостей та адаптації у різних програмах створює як виклики, так і можливості для досліджень, спрямованих на подальше підвищення продуктивності рослин, екологічної стійкості та якості життя людей.

АНАЛІЗ ПОПЕРЕДНІХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження трав'янистих рослин досягли значного прогресу у з'ясуванні основних механізмів, які контролюють ріст і розвиток, їхню реакцію на біотичні та абіотичні стреси, природне середовище, культурні практики та режими господарювання, а також їхню взаємодію з іншими організмами.

Проте потребують подальшого з'ясування питання росту трав'янистих рослин, їх різноманітного використання та як вони функціонують у постійно мінливому середовищі, особливо в умовах глобальних змін клімату, технологічного розвитку та застосування найсучасніших технологій.

Забруднення повітря є глобальним явищем, яке виникає унаслідок швидкої індустріалізації. Деградація повітря є основною екологічною проблемою в усьому світі [15]. На разі ще не розроблено жодної такої системи, яка повністю усуває забруднювачі повітря, проте деякі рослини можуть добре виживати за збільшених концентрацій забруднюючих речовин і діяти як поглинач забруднень. Зелені рослини виконують роль фільтра для мінімізації забруднення повітря шляхом поглинання, адсорбції, детоксикації, накопичення та/або метаболізму, таким чином покращуючи якість повітря, забезпечуючи атмосферу киснем. Рослини, які можуть витримувати більш високі концентрації забруднюючих речовин, можуть служити толерантними видами і можуть бути запропоновані як поглиначі забруднень. Для характеристики рівнів толерантності видів рослин використовують АРТІ-індекс (Air pollution tolerance index) толерантності до забруднення повітря,

що інтегрує комплекс фізіолого-біохімічних параметрів, їхні зміни за дії атмосферного забруднення або більш широко за впливу антропогенних чинників [22]. Індекс толерантності до забруднення повітря рослин – це числова шкала чи система, яка оцінює здатність рослин виживати та нормально функціонувати в умовах забрудненої атмосфери. Цей індекс зазвичай ураховує здатність рослин переносити повітряні забруднення, такі як важкі метали, гази та інші шкідливі речовини. Такі дослідження об'єктивно допомагають здійснювати реальний моніторинг стану рослин у певному часовому та просторовому вимірах і є важливим екофізіологічним складником стійкості та адаптації рослин і фітоценозів.

МЕТА

Оцінити толерантність до забруднення повітря рослин декоративних злаків Міскантусу китайського сорту Zebrinus, Міскантусу китайського сорту Silberfeder, Пенісетуму лисохвостого сорту Hameln у трансформованих умовах кампуса ННЦ «Інститут біології та медицини» Київського національного університету імені Тараса Шевченка.

Об'єкти досліджень – представники декоративних злаків роду *Miscanthus* та роду *Pennisetum* – Міскантус китайський сорту Zebrinus (*Miscanthus sinensis* «Zebrinus»), Міскантус китайський сорту Silberfeder (*Miscanthus sinensis* «Silberfeder»), Пенісетум лисохвостий сорту Hameln (*Pennisetum alopecuroides* «Hameln»).

Уміст пігментів у листках визначали загальноприйнятим спектрофотометричним методом у 80%-му ацетоні [18]. Вимірювання проводили на спектрофотометрі Shimadzu UV-1800 за довжини хвиль D644, D662, D470.

Уміст пігментів розраховували за формулами (Wettstein, 1957) для ацетону:

$$Ca = 9,784 * D662 - 0,99 * D664;$$

$$Cb = 21,426 * D644 - 4,650 * D662;$$

$$Ca + Cb = 5,134 * D662 + 20,436 * D644 \text{ (мг/л);}$$

$$Cx + c = 4,695 * D470 - 0,268 * (Ca + Cb);$$

Ca – концентрація хлорофілу a;

Cb – концентрація хлорофілу b;

C a+b – загальна концентрація хлорофілів a і b;

Cx+c – загальна концентрація каротиноїдів;

D644, D662, D470 – значення оптичних густин розчину за певних довжин хвиль.

Визначення вмісту аскорбінової кислоти проводили титриметричним методом [1]. Як титрант використовували 0,001 моль/л розчин 2,6-дихлорфеноліндофеноляту натрію.

Титрування вели до появи рожевого забарвлення, яке не зникало протягом 30–60 с.

Визначення рН екстракту листків проводили потенціометричним методом відповідно до інструкції по експлуатації рН-метра, який попередньо був відкалібрований, використовуючи буферні розчини, приготовлені зі стандарт-титрів [3].

Визначення відносного вмісту води в рослинах здійснювали ваговим методом, висушування листків при температурі 105 °С [10].

АРТІ – це метод, запропонований Сінгхом і Рао (1983) для визначення толерантних видів рослин [21]. Цей індекс ураховує усі важливі біохімічні та фізіологічні показники рослин і розраховується за формулою:

$$ARTI = \frac{AA(TCH+rH)+RWC}{10},$$

де AA – уміст аскорбінової кислоти (мг%); рН – рН екстракту листків; ТСН – загальний уміст хлорофілів (мг/г); RWC – відносний уміст води (%).

Види рослин, які мають значення АРТІ у діапазоні 30–100, вважаються толерантними, 17–29 – середньо толерантними, 1–16 – чутливими, менше 1 – високочутливими.

Повторність дослідів була трикратною, вірогідність різниці між середніми арифметичними значеннями показників установлювали за критерієм Стьюдента. Відмінності вважали вірогідними в разі $p \leq 0,05$ [17].

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Декоративні рослини родини *Poaceae* мають велику різноманітність кольорів і форм. До найперспективніших енергетичних та декоративних рослин роду *Miscanthus* відносять *Miscanthus sinensis* – міскантус китайський – рослина висотою 2,0–3,5 м із короткими ризоморфами. Для дослідження злаків були використані сорти Міскантусу китайського: Міскантус китайський «Zebrinus» (*Miscanthus sinensis* «Zebrinus») – популярний у садівництві потужний декоративний рихлокущовий багаторічний злак із прямостоячими, облиствленими в нижній частині стеблами, висотою до 2 м. Добре тримає форму куща, досить повільно розростаючись, має оригінальний зовнішній вигляд за рахунок яскраво розфарбованих листків. Відмінно переносить різні садові ґрунти, помірно стійкий до посухи і забруднення повітря. Цінується за тривалий період декоративності – з весни до пізньої зими [12; 25].

Із представників Пенісетуму лисохвостого для дослідження був використаний сорт «Hameln». Пенісетум лисохвостий

«Hameln» (*Pennisetum alopecuroides* «Hameln») – ефектний багаторічний ранньоквітучий злак напівсферичної форми, густі вигнуті стебла якого, елегантно згинаючись, утворюють справжній фонтан із пухнастих колосків. Досягає висоти 30–60 см. За ідеальних умов живуть близько 10 років. Листки вузькі, жорсткі, витончено зігнуті (нагадують фонтан). Листки з'являються, як для злакових трав, досить рано. Барвисто-зелені листки перетворюються в кінці літа до заморозків на відтінки жовтого, зеленувато-жовті і бурштинові; після морозів стають світло-коричневого кольору. Колоски до 20 см, цвіте довго – з кінця літа аж до пізньої осені. Завдовжки шириною 3–5 см, світло-зеленого кольору з'являються на початку вересня, швидко змінюються в суміш зеленого, рожевого і фіолетового і дозрівають жовтими.

Аналіз отриманих результатів показує, що стійкість декоративних злаків в умовах урбанізованого середовища може змінюватися залежно від конкретного виду та особливостей міського середовища. Завдяки широкому дослідженню АРТІ різних рослин можна визначити реакцію видів рослин на забруднення повітря. АРТІ, заснований на чотирьох параметрах, включаючи загальний уміст хлорофілу в листках, рН екстракту листків, уміст аскорбінової кислоти, відносний уміст води, використовується для визначення рівня толерантності видів рослин [6; 9; 21]. Озеленювачі використовують АРТІ для відбору толерантних видів рослин [16]. АРТІ також використовувався для ранжирування видів рослин в їх порядку толерантності до забруднення повітря [20; 21].

Урбанізоване середовище мікропростору ННЦ «Інститут біології та медицини» має низку особливостей. Унаслідок активної забудови найближчих територій утворився трансформований екопростір, який включає рослинні біотопи з особливими мікрокліматичними умовами зростання рослин через негативну дію таких метеорологічних чинників, як швидкість, напрямок повітряних мас, температурний режим ґрунту та повітря, вивітрюваність ґрунту, температура мощених просторів та оточуючих будівельних конструкцій, забруднення повітря вихлопними газами. Висока щільність забудови та використання матеріалів, які поглинають тепло (наприклад, бетон та асфальт), змінюють температуру ґрунту та повітря. Дренажні системи та системи стоку змінюють вологість ґрунту, що впливає на швидкість вивітрювання [2].

Забруднювачі повітря негативно впливають на ріст рослин [19; 7; 23; 13].

Дорожній транспорт є одним з основних джерел забруднення повітря. Щільна забудова призводить до інтенсифікації автотранспортного руху, що, своєю чергою, збільшує викиди транспортних забруднень. Створення зелених зон за цих умов потребує композиційних рішень, які ґрунтуються на інноваційному еколого-фізіологічному підході з урахуванням загальних засад сталості біорізноманіття та природного поєднання

з існуючим стилем споруд, типів зелених насаджень та збалансованістю ландшафтно-архітектурного комплексу.

Проведені дослідження декоративних злаків родів *Miscanthus* та *Pennisetum*, які зростають у трансформованих умовах міського біотопу, указують, що досліджувані рослини є толерантними до забруднення повітря, сухості ґрунтового покриву та надмірної кількості повітряних мас (табл. 1).

Таблиця 1

Оцінка толерантності декоративних злаків до забруднення повітря

№	Фаза розвитку	Хлорофіл a+b мг/г	pH екстракту листків	Відносний уміст води %	Аскорбінова кислота мг%	АРТІ
Міскантус китайський «Zebrinus»						
1.	кущіння	1,68±0,023	6,01	48,12±1,45	21,60±0,17	21,42
2.	цвітіння	1,83±0,010	6,0	64,76±0,05	43,45±0,24	40,49
Міскантус китайський «Silberfeder»						
3.	кущіння	1,59±0,017	6,13	42,55±0,44	22,44±0,19	21,58
4.	цвітіння	1,84±0,020	6,02	69,38±0,88	45,89±0,11	43,0
Пенісетум лисохвостий «Hameln»						
5.	кущіння	1,73±0,023	5,75	36,71±2,76	21,40±0,26	19,68
6.	цвітіння	2,01±0,011	5,81	62,87±2,84	42,36±0,14	39,41

Необхідно зазначити, що індекс стійкості рослин до забруднення повітря змінюється залежно від сезону та стадій їхнього життєвого циклу. Найвищий рівень толерантності характерний для Міскантуса китайського «Silberfeder» у фазі цвітіння (43,0). На ранніх стадіях розвитку рослини більш чутливі до забруднень повітря. Так, у фазі кущіння АРТІ Пенісетуму лисохвостого становить 19,68, що характеризує його як середньотолерантний вид, проте у фазі цвітіння АРТІ зростає до 39,41, що дає підстави віднести його до толерантного. Така ж тенденція зберігається й у рослин Міскантуса китайського «Silberfeder» та Міскантуса китайського «Zebrinus».

ВИСНОВКИ

Індекс толерантності до забруднення повітря є чудовим підґрунтям для відбору рослин для створення зелених смуг для пом'якшення забруднення повітря. Проведена оцінка толерантності до забруднення повітря за АРТІ-індексом рослин декоративних злаків Міскантуса китайського сорту Zebrinus, Міскантуса китайського сорту Silberfeder, Пенісетуму лисохвостого сорту Hameln, які зростають у трансформованих умовах кампуса ННЦ «Інститут біології та медицини» Київського національного університету імені Тараса Шевченка, визначила їх толерантними до умов мікропростору ландшафту як за ознаками декоративності, так і за

фізіологічними параметрами стійкості, що дає змогу рекомендувати ці рослини для широкого використання у ландшафтному дизайні міських просторів.

Толерантні види рослин сприятимуть поліпшенню міських екосистем, пом'якшуючи та зменшуючи негативний вплив забруднювачів повітря на здоров'я людей, регулюючи екосистемні послуги. Відбір толерантних видів сприятиме створенню бази даних, яка може допомогти озеленювачам проектувати зелені пояси навколо промислових підприємств і національних автомагістралей.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Соколова Л.В. Визначення кількісного вмісту вітаміну С в сублимованих порошках кавуна, аронії та артишоку. *Український біофармацевтичний журнал*. 2013. № 2(25). С. 87–92.
- [2] Таран Н.Ю., Бацманова Л.М., Шпагин В.Ф. Особливості організації зеленої зони на території кампуса Київського національного університету імені Тараса Шевченка (Виставковий центр). *Вісник КНУ. Біологія*. 2024. № 1(96). С. 44–49.
- [3] Фізіологія рослин. Практикум. Луцьк : Терен, 2010. 416 с.
- [4] Ahorsu R., Medina F., Constantí M. Significance and challenges of biomass as a suitable feedstock for bioenergy and biochemical production: A review. *Energies*. 2018. 11, 3366. doi: 10.3390/en11123366.
- [5] Beard J.B., Green R.L. The role of turfgrasses in environmental protection and their benefits to humans.

Journal of Environmental Quality. 1994. 23. P. 452–460. doi: 10.2134/jeq1994.00472425002300030007x.

[6] Beg M.U., Farooq M., Bhargava S.K., Kidwai M.M., Lal M.M. Performance of trees around a thermal power station. *Environment and Ecology*, 1990. 8(3). P. 791–797.

[7] Bhatia S.C. *Environmental Chemistry*. CBS Publishers and Distributors. 2006. 549 p.

[8] Bouton J. The economic benefits of forage improvement in the United States. *Euphytica*. 2007. 154. P. 263–270. doi: 10.1007/s10681-006-9220-6.

[9] Chauhan A. Photosynthetic pigment changes in some selected trees induced by automobile exhaust in Dehradun, Uttarakhand. *New York Science Journal*, 2010. 3(2). P. 45–51.

[10] Ermakov A.I. (ed.) *Methods of biochemical research of plants / Ed. 2nd, revised and additional – Kolos. Leningr. department, 1972. 456 p.*

[11] Fry J., Huang B. *Applied Turfgrass Science and Physiology*. New York: Wiley. 2004. 320 p.

[12] *Gardening with Nature: How James van Sweden and Wolfgang Oehme Plant Slopes, Meadows, Outdoor Rooms and Garden Screens*. Random House, New York. 1997. 201 p.

[13] Horsfall M., Spiff A.I. Principles of Environmental pollution with physical chemical and biological emphasis. *Port Harcourt, Metropolis Limited*, 1998. P. 62–124.

[14] Kemp D., Han G., Hou X., Michalk D.L., Hou F. Innovative grassland management systems for environmental and livelihood benefits. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2013. 110. 83. P. 69–74. doi: 10.1073/pnas.1208063110

[15] Kuddus M., Kumari R., Ramteke P.W. Studies on air pollution tolerance of selected plants in Allahabad city, India. *Journal of Environmental Research and Management*, 2011. 2(3). P. 042–046.

[16] Liu Y.J., Ding H. Variation in air pollution tolerance index of plants near a steel factory: Implication for landscape-plant species selection for industrial areas. *WSEAS Transactions on Environment and Development*, 2008. 4(1). P. 24–32.

[17] Maslov Yu.Y. Ustanovlenye stepeny dostovernosti (znachymosti) razlychyi mezhdru seryiamy yzmerenyi. *Metody byokhym. analiza rast. L.: Yzd-vo Lenynhr. u-ta, 1978. P. 415–424.*

[18] Porra R.J., Thompson W.A., Kriedemann P.E. Determination of accurate extinction coefficients and simultaneous equation for assaying chlorophyll a and b with four different solvents: verification of the concentration of chlorophyll by atomic absorption spectroscopy. *Biochim. Biophys. Acta*. 1989. 975. P. 384–394.

[19] Rao C.S. *Environmental Pollution Control Engineering*. New Age International. 2007. 442 p.

[20] Raza S.H., Murthy M.S.R., Ahmed A. Air pollution tolerance index of certain plants of Nacharam Industrial Area, Hyderabad. *Indian Journal of Botany*, 1988. 11(1). P. 91–95.

[21] Singh S.K., Rao D.N. Evaluation of plants for their tolerance to air pollution. In *Proceedings of symposium on air pollution control. Indian Association for Air Pollution Control*. New Delhi, 1983. P. 218–224.

[22] Singh S.K., Rao D.N., Agrawal M., Pandey J., Naryan D. Air pollution tolerance index of plants. *Journal of Environmental Management*, 1991. 32(1). P. 45–55.

[23] Sodhi G.S. *Fundamental concepts of environmental chemistry*. Alpha Science International Limited. 2005. 479 p.

[24] Soreng R.J., Peterson P.M., Romaschenko K., Davidse G., Teishe J.K. A worldwide phylogenetic classification of the Poaceae (Gramineae) II: An update and a comparison of two 2015 classifications. *Journal of Systematics and Evolution*. 2017. 55. P. 259–290. doi: 10.1111/jse.122621

[25] The Plant List, 2014. <http://www.theplantlist.org/>

REFERENCES

[1] Sokolova, L.V. (2013). Vyznachennia kilkisnoho vmistu vitaminu C v sublimovanykh poroshkakh kavuna, aronii ta artyshoku [Determination of the quantitative content of vitamin C in sublimated powders of watermelon, chokeberry and artichoke]. *Ukrainskyi biofarmatsevtichnyi zhurnal*. № 2 (25). S. 87–92 [in Ukrainian].

[2] Taran, N.Yu., Batsmanova, L.M., & Shpahin, V.F. (2024). Osoblyvosti orhanizatsii zelenoi zony na terytorii kampusu Kyivskoho natsionalnoho universytetu imeni Tarasa Shevchenka (Vystavkovyi tseentr) [Peculiarities of the organization of the green zone on the campus of Taras Shevchenko Kyiv National University (Exhibition Center)]. *Visnyk KNU. Biolohiia*. № 1(96). S. 44–49 [in Ukrainian].

[3] Fiziolohiia roslyn. (2010). *Praktykum [Physiology of plants. Practicum]*. Lutsk, VMA «Teren». 416 s. [in Ukrainian].

[4] Ahorsu, R., Medina, F., & Constantí, M. (2018). Significance and challenges of biomass as a suitable feedstock for bioenergy and biochemical production: A review. *Energies*. 11:3366. doi: 10.3390/en11123366 [in English].

[5] Beard, J.B., & Green, R.L. (1994). The role of turfgrasses in environmental protection and their benefits to humans. *Journal of Environmental Quality*. 23. P. 452–460. doi: 10.2134/jeq1994.00472425002300030007x [in English].

[6] Beg, M.U., Farooq, M., Bhargava, S., Kidwai, M.M., & Lal, M.M. (1990). Performance of trees around a thermal power station. *Environment and Ecology*. 8(3). P. 791–797 [in English].

[7] Bhatia, S.C. (2006). *Environmental Chemistry*. CBS Publishers and Distributors. 549 p. [in English].

[8] Bouton, J. (2007). The economic benefits of forage improvement in the United States. *Euphytica*. 154. P. 263–270. doi: 10.1007/s10681-006-9220-6 [in English].

[9] Chauhan, A. (2010). Photosynthetic pigment changes in some selected trees induced by automobile exhaust in Dehradun, Uttarakhand. *New York Science Journal*. 3(2). P. 45–51 [in English].

[10] Ermakov A.I. (1972). *Methods of biochemical research of plants / Ed. 2nd, revised and additional – Kolos. Leningr. Department. 456 p.* [in English].

- [11] Fry, J., & Huang, B. (2004). *Applied Turfgrass Science and Physiology*. New York: Wiley. 320 p. [in English].
- [12] *Gardening with Nature: How James van Sweden and Wolfgang Oehme Plant Slopes, Meadows, Outdoor Rooms and Garden Screens*. (1997). Random House, New York. 201 p. [in English].
- [13] Horsfall, M., & Spiff, A.I. (1998). Principles of Environmental pollution with physical chemical and biological emphasis. *Port Harcourt, Metropolis Limited*. P. 62-124 [in English].
- [14] Kemp, D., Han, G., Hou, X., Michalk, D.L., & Hou, F. (2013). Innovative grassland management systems for environmental and livelihood benefits. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 110. 83. P. 69–74. doi: 10.1073/pnas.1208063110 [in English].
- [15] Kuddus, M., Kumari, R., & Ramteke, P.W. (2011). Studies on air pollution tolerance of selected plants in Allahabad city, India. *Journal of Environmental Research and Management*. 2(3). P. 042–046 [in English].
- [16] Liu, Y.J., & Ding, H. (2008). Variation in air pollution tolerance index of plants near a steel factory: Implication for landscape-plant species selection for industrial areas. *WSEAS Transactions on Environment and Development*. 4(1). P. 24–32 [in English].
- [17] Maslov, Yu.Y. (1978). Ustanovlenye stepeny dostovernosti (znachymosti) razlychyi mezhdru seryiamy yzmerenyi. *Metodi byokhym. analiza rast.- L.: Yzd-vo Lenynhr. u-ta*. P. 415–424 [in English].
- [18] Porra, R.J., Thompson, W.A., & Kriedemann, P.E. (1989). Determination of accurate extinction coefficients and simultaneous equation for assaying chlorophyll a and b with four different solvents: verification of the concentration of chlorophyll by atomic absorption spectroscopy. *Biochim. Biophys. Acta*. 975. P. 384–394 [in English].
- [19] Rao, C.S. (2007). *Environmental Pollution Control Engineering*. New Age International. 442 p. [in English].
- [20] Raza, S.H., Murthy, M.S.R., & Ahmed, A. (1988). Air pollution tolerance index of certain plants of Nacharam Industrial Area, Hyderabad. *Indian Journal of Botany*. 11(1). P. 91–95 [in English].
- [21] Singh, S.K., & Rao, D.N. (1983). Evaluation of plants for their tolerance to air pollution. In *Proceedings of symposium on air pollution control. Indian Association for Air Pollution Control. New Delhi*. P. 218–224 [in English].
- [22] Singh, S.K., Rao, D.N., Agrawal, M., Pandey, J., & Naryan, D. (1991). Air pollution tolerance index of plants. *Journal of Environmental Management*. 32(1). P. 45–55 [in English].
- [23] Sodhi, G.S. (2005). *Fundamental concepts of environmental chemistry*. Alpha Science International Limited. 479 p. [in English].
- [24] Soreng R.J., Peterson P.M., Romaschenko K., Davidse G., & Teishe J.K. (2017). A worldwide phylogenetic classification of the Poaceae (Gramineae) II: An update and a comparison of two 2015 classifications. *Journal of Systematics and Evolution*. 55. P. 259–290. doi: 10.1111/jse.122621. [in English].
- [25] The Plant List, 2014. <http://www.theplantlist.org/>. [in English].

ABSTRACT

Taran N., Horupaha V., Batsmanova L., Smirnov O. Tolerance of ornamental cereals to air pollution in the conditions of the campus of the NSC «Institute of Biology and Medicine» of Taras Shevchenko National University of Kyiv.

*Air pollution is a global phenomenon caused by unsustainable and rapid industrial development. Air quality is deteriorating every day due to an increase in the concentration of various gases in the atmosphere. Currently, no system has been developed that would completely remove air pollutants, but nature has already created a number of systems that to some extent counteract the harmful effects of various types of anthropogenic activities. Some plants can withstand high concentrations of pollutants and act as absorbers or filters that minimize air pollution by absorbing, adsorbing, detoxifying, accumulating and metabolizing the pollution. **The goal** is to assess the air pollution tolerance of plants of ornamental cereals in the transformed conditions of the campus of the NSC «Institute of Biology and Medicine» of Taras Shevchenko Kyiv National University. **Methodology.** Commonly accepted biochemical methods of analysis of plant raw materials were used (determination of the content of the sum of chlorophylls, ascorbic acid, pH of leaf extract, relative water content), statistical methods of analysis. **The results.** Plants that can adapt to higher concentrations of pollutants can be proposed as tolerant species and used as pollutant sinks. In this study, air pollution tolerance indices (APTI index) of ornamental cereals *Miscanthus Chinese variety Zebrinus*, *Miscanthus Chinese variety Silberfeder*, *Pennisetum foxtail variety Hameln*, which grow in the transformed conditions of the campus of the NSC «Institute of Biology and Medicine» of Taras Shevchenko National*

University of Kyiv were investigated. The APTI index is widely used to determine the reaction of plants to air pollution, based on physiological and biochemical parameters – markers of the functional state of plants, such as the total content of chlorophyll in leaves, the pH of leaf extract, the content of ascorbic acid, and the relative content of water. Gardeners use APTI to select tolerant plant species, to rank plants by level of tolerance to air pollution. Scientific novelty. The conducted studies of ornamental cereals of the genera *Miscanthus* and *Pennisetum*, which grow in the transformed conditions of the urban biotope, indicate that the plants are tolerant to air pollution, dryness of the soil cover, and an excessive amount of air masses both in terms of decorativeness and physiological parameters of resistance, which makes it possible to recommend them for wide use in landscape design of urban spaces. **Practical significance.** The air pollution tolerance index is an excellent basis for selecting plants for creating green belts to mitigate air pollution. Selection of tolerant plant species will contribute to the creation of a database that can help landscapers design green belts around industrial enterprises and national highways.

Keywords: ornamental cereals, APTI index, total chlorophyll content in leaves, pH of leaf extract, ascorbic acid content, relative water content, tolerance to air pollution, Chinese miscanthus, Foxtail penisetum, landscape design, microlandscape.

AUTHOR'S NOTE:

Taran Nataliya, Doctor of Science (Biol.), Professor, Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine, e-mail: ny_taran@ukr.net, orcid: 0000-0002-8669-5899.

Horupaha Vita, Master, Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine, e-mail: horupahavita@gmail.com, orcid: 0009-0003-0149-1593.

Batsmanova Lyudmila, Philosophy Doctor, PhD (Biol.), Senior Researcher, Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine, e-mail: l.batsmanova@gmail.com, orcid:0000-0002-7995-8187.

Smirnov Oleksandr, Philosophy Doctor, PhD (Biol.), Associate Professor, Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine, Institute of Plant Physiology and Genetics, National Academy of Sciences of Ukraine, e-mail: oleksandr.smirnov@knu.ua, orcid: 0000-0002-2293-5961.

Стаття подана до редакції 26.06.2024.