

ВІДГУК

офіційного опонента
на дисертаційну роботу
Бородай Євгенії Сергіївни

«Інтегрована відповідь газонних та квітково-декоративних рослин за умови мегаполісу на фоні змін клімату»,
подану на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 09 «Біологія» за спеціальністю 091 «Біологія»

Актуальність теми дисертаційної роботи. Функціонування міських фітоценозів у межах Степового Придніпров'я значно ускладнюється тривалою стресовою дією на рослини аерополіутантів та прогресуючою аридизацією клімату. У цьому контексті зелені насадження різного призначення відіграють ключову біоекологічну функцію в оптимізації мікроклімату та фіторе mediaції урбанізованого середовища, що має критичну потребу в формуванні та підтримці стійкого та ефективного міського озеленення. Трав'янисті та газонні рослини у складі урбоекосистем є найбільш вразливою частиною фітоценозів, оскільки першими зазнають прямої негативної дії максимальних концентрацій аерополіутантів, дефіциту ґрунтової вологи та температурного пресингу. Підбір асортименту стійких до стресових чинників рослинних видів зумовлює необхідність вивчення фізіолого-біохімічних механізмів адаптації інтродукованих декоративних та газонних видів рослин в умовах мегаполісу.

Дисертаційна робота Бородай Є. С. присвячена розробці теоретичних підходів та ефективних практичних заходів з вирішення цієї науково-практичної проблеми шляхом оцінки фізіолого-біохімічної відповіді на комплексний стрес. Аналіз біохімічних маркерів стресу (накопичення проліну, МДА, співвідношення фотосинтетичних пігментів, функціонування антиоксидантної системи) дозволяє виявити приховані адаптаційні реакції та визначити стійкість інтродукованих рослинних видів.

Отримані дані щодо диференціації видів рослин на толерантні та чутливі можуть бути використані в процесі підбору біоіндикаторів техногенного навантаження, а також асортиментного добору для озеленення

промислових міст. Саме тому тема даної дисертаційної роботи є актуальною та важливою для дослідження адаптивних можливостей видів рослин урбофітоценозів в умовах мегаполісу.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами. Дослідження виконано Бородай Є.С. в рамках науково-дослідної роботи кафедри фізіології та інтродукції рослин ДНУ «Інтродукція рідкісних, реліктових природних видів рослин і малопоширених сортів культурних рослин в умовах Степового Придніпров'я» (№ 0122U001454, виконання період 2022-2024 рр.), «Дослідження механізмів адаптації інвазійних деревних рослин до умов Степового Придніпров'я», (№ 0125U002200, виконання період 2025-2027 рр.).

Частина експериментальних досліджень виконана відповідно до програми DAAD «DAAD - OSTPARTNERSCHAFTEN» («Evaluation of changes in the physiological and biochemical status of plants (pigments, proline and malondialdehyde content) caused by salt and oxidative stress») у 2025 р. на базі технічного університету «Фрайберзька гірничо-академія», в лабораторії екології Інституту Біологічних наук, в якій автор дисертаційної роботи брала участь як виконавець.

Особистий внесок здобувача. Авторкою дисертації було досліджено сучасний стан проблеми вивчення адаптаційних реакцій рослин до впливів негативних факторів міського довкілля та визначення стійкості інтродукованих рослинних видів, проаналізовано наукові джерела, відповідно до цього розроблено задачі та план експерименту. Авторка брала участь у відборах та обробці дослідних проб, використовуючи загальноприйняті методики та сучасні наукові підходи. Бородай Є.С. проаналізувала результати дослідження з подальшою підготовкою матеріалів дослідження до публікації та апробації. Науковий доробок авторки дисертаційної роботи сформовано на основі обґрунтування прикладних рішень і науково-практичних рекомендацій, які зазначені та детально представлені у висновках роботи.

Наукова новизна одержаних результатів. Дисертаційна робота Бородай Є.С. містить рекомендації щодо вирішення актуальної наукової проблеми з розкриття фізіолого-біохімічних механізмів адаптації та оцінки екологічної пластичності трав'янистих рослин в умовах сумісної дії факторів, що викликають кліматичний та техногенний стрес у рослинних організмів.

Авторкою дисертаційної роботи *вперше* :

- здійснено комплексну оцінку інтегрованої фізіолого-біохімічної відповіді трав'янистих рослин (газонних та квітково-декоративних) на стресові чинники міського середовища в умовах Степового Придніпров'я;

- встановлено видову специфіку та закономірності функціонування антиоксидантного комплексу, пігментного апарату та накопичення біохімічних маркерів стресу у взаємозв'язку з бар'єрними механізмами акумуляції важких металів;

- запропоновано інтегральний індекс стійкості трав'янистих рослин для класифікації досліджуваних видів за адаптивними екологічними стратегіями.

В результаті вирішення задач, поставлених у роботі подальшого розвитку набули:

- наукові уявлення про фізіологічні та біохімічні механізми формування екологічної стійкості газонних злаків та квітково-декоративних видів у складі урбоєкосистем Степової зони України;

- концептуальні положення щодо видоспецифічності бар'єрних функцій, транслокації та компартменталізації важких металів у системі «грунт - корінь - листя»;

- методологічні підходи до біомаркерної оцінки інтегрованого стресу міського середовища для екологічного моніторингу та фітоіндикаційних досліджень.

Практичне значення одержаних результатів. Результати дослідження є теоретичною та методичною основою для розробки та

практичної реалізації концепції кліматично оптимізованого та техногенно стійкого урбоозеленення великих промислових міст Степової зони України.

Основні практичні здобутки роботи полягають у наступному:

- рекомендації формування асортименту для інтродукції та фітостабілізації забруднювачів довкілля: виділені види-виключники (*Festuca valesiaca*, *Elytrigia repens*, *Chrysanthemum* × *koreanum*), які рекомендовано для створення стійких захисних фітоценозів, бар'єрних газонів уздовж автомагістралей з високим транспортним навантаженням, а також для фітостабілізації важких металів у зонах негативного впливу промислових підприємств та ТЕС;

- обґрунтування використання видів-акумуляторів з високою проникністю фізіологічних бар'єрів (*Setaria viridis*, *Petunia* × *hybrida*) та чутливими біохімічними маркерами (зменшення коефіцієнту співвідношення фотосинтетичних пігментів Chl a/b та зростання вмісту МДА) у якості високоефективних тест-систем для екологічного моніторингу стану атмосферного повітря та контролю якості міських едафотопів;

- запропоновано оціночну шкалу стійкості трав'янистих інтродуцентів до комбінованої дії посухи та аеротехногенного забруднення;

- матеріали дисертації можуть бути впроваджені у навчальний процес природничих факультетів закладів вищої освіти.

Повнота викладення матеріалу дисертації у наукових публікаціях.

Результати досліджень висвітлено та опубліковано авторкою в 15 наукових працях, з них 2 - у виданнях, що входять до міжнародних наукометричних баз Web of Science або Scopus, 8 - у виданнях, які входять до наукових фахових видань України категорії Б, 5 - матеріали у збірниках наукових міжнародних та вітчизняних конференцій.

Аналіз основного змісту дисертаційної роботи. Представлена наукова праця включає анотацію українською та англійською мовами, перелік наукових публікацій, в яких висвітлено основні наукові результати дослідження, вступ, п'ять розділів, висновки до розділів та загальні висновки

по роботі, а також список використаних джерел та додатків. Обсяг дисертаційної роботи становить 146 сторінок друкованого тексту. Робота містить 26 рисунків та 3 таблиці. Список літератури складається з 201 літературного джерела, з яких англійською мовою - 105.

Дисертаційна робота викладена грамотною літературною українською мовою з використанням актуальної наукової термінології, характерної для галузей загальної біології та фізіології рослин.

У вступі роботи обґрунтовано актуальність обраної теми, чітко сформульовано мету, завдання, об'єкт та предмет досліджень. Вказано наукову новизну та практичне значення одержаних результатів, висвітлено особистий внесок здобувача, наведено дані про апробацію матеріалів дисертації на науково-практичних конференціях та наведено перелік публікацій за темою дослідження у виданнях, що входять до наукометричних баз та у фахових виданнях.

У розділі 1 «Стан дослідження проблеми адаптації урбаноекоценозів до кліматичних змін» дисертанткою здійснено критичний аналіз вітчизняних та зарубіжних літературних джерел за темою роботи. Висвітлено сучасний стан проблеми функціонування урбоекосистем в умовах подвійного пресингу: техногенного забруднення (важкі метали, аерополітанти, тощо) внаслідок діяльності промислових підприємств та автотранспортного навантаження й прогресуючої аридизації на фоні глобальних змін клімату, що можуть призвести до критичних незворотніх наслідків у межах середовищ проживання людей.

Авторкою переконливо доведено, що традиційні підходи вирішення проблеми дослідження та оцінки стану рослин потребують удосконалення, доопрацювання та доповнення. Вирішення цих задач обґрунтовує необхідність та своєчасність вивчення комплексної фізіолого-біохімічної відповіді рослин на стрес з подальшим практичним застосуванням отриманих даних при реалізації заходів з міського озеленення.

У розділі 2 «Характеристика району дослідження та об'єкти

дослідження» наведено фізико-географічну та кліматичну характеристику регіону дослідження. Окрему цінність становить представлений аналіз динаміки температурного режиму та кількості опадів за останнє п'ятиріччя. Автором роботи обґрунтовано вибір точок відбору проб із різним ступенем антропо-техногенного та автотранспортного навантаження (промислові, примігистральні й умовно чисті зони). Надано коротку характеристику досліджуваних видів газонних та квітково-декоративних рослин, розкрито їх фітоекологічну роль у структурі міських зелених насаджень.

Розділ 3 «Методи дослідження». Дисертантка Бородай Є. С. містить детальний опис використаних сучасних загальноприйнятих методик фізіолого-біохімічних досліджень, які були використані в експериментальних дослідженнях даної роботи та відповідають профілю і сучасним вимогам, щодо виконання та написання дисертаційних наукових праць.

Розділ 4 «Фізіолого-біохімічні механізми інтегрованої відповіді газонних рослин на стресові фактори» присвячено висвітленню результатів досліджень фізіолого-біохімічних механізмів інтегрованої відповіді газонних рослин на стресові фактори та висвітленню адаптаційних реакцій газонних злаків за умов тривалого хронічного впливу аерополітантів. Особливу увагу приділено функціонуванню антиоксидантної системи рослин, зростаючих в межах промислового міста (каталаза, пероксидаза, супероксиддисмутаза) (підрозділи 4.3, 4.4, 4.5).

Встановлено видоспецифічність відповіді газонних видів на стресовий вплив забруднювачів. *Elytrigia repens* та *Festuca valesiaca* демонструють високу стійкість завдяки гіперактивації антиоксидантних ферментів та низькому рівню МДА. *Poa angustifolia* демонструє проміжний рівень адаптації, що проявляється у частковій стабілізації антиоксидантної системи. *Setaria viridis* виявила високу чутливість із ознаками оксидативного стресу, що свідчить про її високу чутливість до дії техногенних факторів.

Досліджено бар'єрну роль корневих систем. Визначено чітку міжвидову дивергенцію щодо інтенсивності акумуляції та транслокації

елементів та встановлено, що обмеження транслокації важких металів у надземні органи є ключовим фізіологічним механізмом стійкості газонних злакових рослин.

У розділі 5 «Стійкість квітково-декоративних рослин» представлено оцінку фізіолого-біохімічної відповіді квіткових інтродуцентів на комплексну дію несприятливих умов мегаполісу. На основі кореляційного аналізу встановлено, що інтегрований стрес міського середовища найточніше відображається через систему низки біохімічних маркерів (пролін, МДА, співвідношення хлорофілів а/б). Ідентифіковано стійкі види (*Chrysanthemum* × *koreanum*), які зберігають високий вміст пігментів за низьких рівнів стресових маркерів, та чутливі види (*Petunia* × *hybrida*), які реагують стрімким накопиченням проліну та МДА на фоні деградації та порушення функціонування фотосинтетичного апарату.

За результатами дослідження розроблено практичні рекомендації щодо застосування виділених видів для фіторемедіації, фітостабілізації та у якості біоіндикаторних тест-систем для екологічного моніторингу.

Висновки до розділів та загальні висновки сформульовані чітко, є логічним підсумком виконаного обсягу дослідження, розкривають зміст та практичну цінність дисертаційної роботи, відповідають головній меті та завданням дисертаційної роботи.

Представлена дисертаційна робота характеризується комплексним підходом до здійсненого дослідження, логічною послідовністю викладу матеріалу, високим науковим рівнем та практичною спрямованістю й цінністю отриманих результатів. Робота написана грамотною українською мовою з використанням коректної наукової термінології за профілем дослідження та якісно ілюстративно оформлена з використанням наочного представлення отриманих результатів.

Зауваження і побажання до дисертаційної роботи.

1. При визначенні актуальності роботи варто було б врахувати та взяти до уваги той факт, що місто Дніпро, у якому проводилися дослідження,

є прифронтовим і зазнає постійних значних негативних впливів військових дій та їх екологічних наслідків, тому варто було б розглядати категорію впливів на міські рослини не лише антропо-техногенного характеру, а й мілітарного.

2. У розділі 2 «Характеристика району дослідження та об'єкти дослідження» бажано було б детальніше обґрунтувати вибір конкретних модельних майданчиків з різним рівнем техногенного навантаження, на яких проводився відбір проб рослинного матеріалу. Бажано було б більш детально розкрити ступінь і характер забруднення обраних локацій.

3. Основну увагу в дослідженні приділено певній обмеженій кількості видів-інтродуцентів та газонних злаків. Зважаючи на високу практичну цінність отриманих даних, асортимент досліджуваних квітково-декоративних рослин у майбутньому варто розширити.

4. У підрозділі 4.6, присвяченому акумуляції та розподілу важких металів в компонентах урбоекосистем, діаграми розподілу важких металів виглядають дещо перевантаженими інформацією, що досить складно сприймається і потребує додаткового текстового опису або представлення цього матеріалу окремими частинами. Також доречним було б представити узагальнення результатів дослідження цього питання з метою осмислення загальної картини забруднення довкілля важкими металами та адаптивної реакції на дану ситуацію досліджених рослин у складі міських насаджень.

5. Представлені практичні рекомендації доцільно було б розширити специфікою та конкретизацією архітектурно-ландшафтного застосування видів у міському озелененні, наприклад рекомендувати або не рекомендувати досліджені види рослин для створення роздільних смуг на магістралях, озеленення промислових площ чи локацій паркових зон.

6. У тексті роботи, при загалом високому рівні оформлення матеріалу дисертації, трапляються поодинокі стилістичні неточності, друкарські помилки та дрібні технічні огріхи, що не впливають на актуальність та змістовність роботи в цілому та не знижують її значимість і практичну

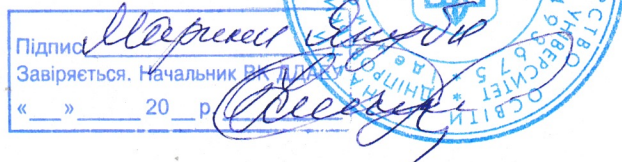
актуальність та важливість.

Варто зазначити, що усі вказані вище зауваження та побажання мають переважно уточнювальний та рекомендаційний характер і стосуються здебільшого перспектив подальшого розвитку і розкриття теми дослідження та не знижують загальну наукову й практичну цінність дисертаційної роботи Бородай Є.С..

Загальний висновок щодо дисертаційної роботи. Дисертаційна робота Бородай Євгенії Сергіївни на тему: «Інтегрована відповідь газонних та квітково-декоративних рослин за умови мегаполісу на фоні змін клімату», є завершеним, самостійним науковим дослідженням, що характеризується науковою новизною, теоретичним обґрунтуванням та практичною цінністю. Ключові результати дослідження опубліковані у фахових періодичних виданнях України (категорія Б) та у виданнях, що індексуються наукометричними базами Scopus і Web of Science. Представлена дисертаційна робота відповідає вимогам наказу МОН України № 40 від 12 січня 2017 року «Про затвердження вимог до оформлення дисертації» та Постанові Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44 «Про затвердження Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» із змінами, внесеними згідно з Постановою КМ № 341 від 21.03.2022, а її авторка, Бородай Євгенія Сергіївна, заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 091 «Біологія».

Офіційний опонент:

кандидат біологічних наук, доцент,
доцент кафедри садово-паркового мистецтва
та ландшафтного дизайну
Дніпровського державного
аграрно-економічного університету



A handwritten signature in blue ink, which appears to read 'Якуба' (Yakuba).

Марина ЯКУБА