

УДК 504.054

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.5-44.42>

## БІОІНДИКАЦІЯ ТЕХНОГЕННИХ ЕДАФОТОПІВ СМІТТЄЗВАЛИЩ ПЕРЕДКАРПАТСЬКОГО ГЕОБОТАНІЧНОГО ОКРУГУ ЗА ДОПОМОГОЮ ПРЕДСТАВНИКІВ РОДИНИ *BRASSICACEAE*

Король К.А., Шуплат Т.І.

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності  
вул. Клепарівська, 35, 79007, м. Львів  
[katikincheshi@gmail.com](mailto:katikincheshi@gmail.com)

У даній науковій статті розглянуто використання біотестування, як інформаційного методу вивчення забруднення довкілля (едафотопу), різноманітними токсичними речовинами на території малих сміттєзвалищ Львівської області (Броницького, Бориславського та Стрийського).

Мета дослідження полягає у експериментальних визначеннях токсичної дії на неорельєф, що базується на основі ефективності реакції тест-рослин родини *Brassicaceae*. Лабораторні дослідження проводились в науково-дослідній лабораторії екологічної безпеки Львівського державного університету безпеки життєдіяльності. Використано ґрунтознавчий, біоіндикаційний, морфологічний, біометричний і статистичний методи.

Встановлено, що родина *Brassicaceae* показала високі біометричні показники на 10-й день висадження насіння. Найкращими показниками росту характеризуються проби пророслих рослин *Raphanus sativus* var. *radicula* Pers., *Sinapis alba* L., які переважали в кількості від 5 до 9 рослин в кожному зразку. Довжина пагону становила від 5 до 11 см., а кореня від 3 до 5 см. Найнижчі показники проростання продемонстрували проби *Brassica napus* L., де кількість пророслих рослин коливалася від 3 до 7, ріст пагону сягав від 9 до 12 см., а кореня 3-5 см. В наслідок проведених лабораторних досліджень фітоіндикації субстратів Броницького, Бориславського та Стрийського сміттєзвалищ тест-культурами – *Lepidium sativum* L., *Raphanus sativus* var. *radicula* Pers., *Brassica napus* L., *Sinapis alba* L. встановлено, що найбільш толерантним видом до техногенних забруднень є *Lepidium sativum* L. та *Sinapis alba* L., оскільки ці види розвивається на досліджуваних субстратах усіх ділянок сміттєзвалищ. Показники росту тест – культур на едафотопіях сміттєзвалищ свідчать про техногенний пресинг небезпечних чинників цих об'єктів на довкілля в цілому. *Ключові слова*: тест-рослини, біоіндикація, сміттєзвалище, екологічна небезпека.

### Bioindication of man-made edaphotopes of landfills of the Pre-Carpathian Geobotanical District using representatives of the brassicaceae family. Korol K., Shuplat T.

This scientific article considers the use of biotesting as an informational method of studying environmental pollution (edaphotope) by various toxic substances on the territory of small landfills in the Lviv region (Bronitsky, Boryslavsky and Stryisky).

The purpose of the study is to experimentally determine the toxic effect on non-relief based on the effectiveness of the reaction of test plants of the Brassicaceae family. Laboratory studies were conducted in the research laboratory of environmental safety of Lviv State University of Life Safety. Soil science, bioindication, morphological, biometric and statistical methods were used.

It was found that the Brassicaceae family showed high biometric indicators on the 10th day of planting seeds. The best growth rates are characterized by samples of germinated plants *Raphanus sativus* var. *radicula* Pers., *Sinapis alba* L., which prevailed in the amount of 5 to 9 plants in each sample. Shoot length ranged from 5 to 11 cm, and root length from 3 to 5 cm. The lowest germination rates were demonstrated by the samples of *Brassica napus* L., where the number of germinated plants ranged from 3 to 7, shoot growth ranged from 9 to 12 cm, and root 3-5 cm. As a result of laboratory studies of phytoindication of substrates of Bronitsk, Boryslav and Stryi landfills with test crops – *Lepidium sativum* L., *Raphanus sativus* var. *radicula* Pers., *Sinapis alba* L. it was found that the most tolerant species to anthropogenic pollution is *Lepidium sativum* L. and *Sinapis alba* L., as these species develops on the studied substrates of all landfill sites. The growth rates of test cultures on edaphotopes of landfills indicate the technogenic pressure of hazardous factors of these objects on the environment as a whole. *Key words*: test plants, bioindication, landfill, environmental hazard.

### Вступ та аналіз останніх досліджень та публікацій

Одним із напрямків біоіндикації стану довкілля є використання рослинного матеріалу в якості тест-культур. У таких дослідженнях акцентується увага на використанні груп рослин із вираженими ідентифікаційними до забруднення властивостями.

Науковцями опубліковано значну кількість робіт, присвячених дослідженню особливостей девастрованих едафотопів, їх фізико-хімічних властивостей, біологічної активності, забруднення важкими металами тощо. Особливості використання тест-систем

для оцінки токсичності субстрату території висвітлені у багатьох роботах.

У своїй роботі Гринчишин Н.М. та Бабаджанова О.Ф. «Фітотоксичність нафтозабруднених ґрунтів на прикладі крес-салату (*Lepidium sativum* L.)» представили результати власних лабораторних досліджень в умовах яких було вивчено вплив різних концентрацій нафти в бурому і сірому лісовому субстратах на довжину кореня та висоту стебла *Lepidium sativum* L. Досліджено, що забруднення бурого і сірого лісових ґрунтів нафтою інгібує процеси росту довжини кореня та висоти стебла *Lepidium sativum*

Л. Досліджено, що нафтозабруднені субстрати, які відрізняються гранулометричним складом, виявляють різну токсичність на тест-реакції *Lepidium sativum* L.: нафта проявляє більший токсичний ефект на довжину кореня у бурому та на висоту стебла у сірому лісовому субстратах. Встановлено, що найбільш інформативним показником *Lepidium sativum* L., який може бути використаний для визначення фітотоксичності сірого субстрату в межах 15-40% забруднення його нафтою, є біометричні параметри висоти стебла [3].

Валерко Р.А. у своїй роботі «Особливості біотестування антропогенно забруднених субстратів з метою їх екотоксичної оцінки» показує, що методи біотестування ґрунтуються на вивченні особливостей зворотної реакції тест-організмів на дію комплексу негативних факторів і дозволяють визначити рівень екологічної безпеки. Біотестування, як метод біологічного контролю дозволяє встановити ступінь токсичності середовища і має відповідати вимогам сучасного біомоніторингу. Метод біотестування субстрату, забрудненого сполуками кадмію, за допомогою тест-об'єкту родини *Brassicaceae* може успішно використовуватися для біоіндикації субстрату [1].

В роботі Григорчука І.Д. «Використання рослинних біоіндикаторів для оцінки токсичності ґрунтів на території м. Кам'янець-Подільського» встановлено, що субстрати поблизу автомобільних шляхів належать до середньо забруднених, а використання тест-рослин дає можливість визначити їх фітотоксичність [2].

Група вчених Грицак Л.Р., Барна І.М., Кодлюк І.М., Сельська І.І., Сплавінська Ю.Т., Сукар Х.В. і Барна С.С., які працювали над роботою «Біоіндикаційні методи для потреб системного аналізу якості довкілля» прийшли до висновку, що екологічні реалії сьогодення є множиною факторів, які продуковані різними за походженням джерелами забруднення. Їх функціонування характеризується сукупністю величин, змінних в часі та підпорядкованих геопросторовим особливостям території. Відтак, забезпечення декларованої державою безпечної для життя та здоров'я якості довкілля чи окремого його компоненту вимагає врахування не лише якісних й кількісних показників емісій, але й системного аналізу. Реалізація цього завдання неможлива без використання методів біоіндикації з метою діагностики якості навколишнього середовища. Вивчення біоіндикаційних властивостей окремих видів дозволяє встановити наявні зміни якості довкілля. Прогностична функція біоіндикаційних методів в цьому контексті є вкрай затребуваною завдяки уможливленню ефективних управлінських рішень і заходів щодо зниження величини техногенного навантаження [4].

Feodor Filipov та Esmeralda Chiorescu в своїй роботі «*Equisetum arvense* L. as a bioindicator of acid soils» прийшли до висновку, що біоіндикаторні види

рослин корисні при вирішенні питання, які види або сорти рослин можна вирощувати та який аналіз субстрату, як можна покращити субстрати з деякими обмеженнями для вирощування рослин. Зменшення кислих субстратів можна досягти методом вапнуванням. У таких випадках здійснюється внесення в ґрунт карбонату кальцію знижуванням кислотності не завжди виправдано. У даному випадку це не виправдано проводити дренажні роботи. Розглядалися результати, отримані в результаті проведених досліджень щодо характеристик місця проживання виду досить корисні для вжиття стійких заходів щодо управління ґрунтовими ресурсами [13].

Групою вчених Mirko Salinitro, Alessandro Zappi, Sonia Casolari, Marcello Locatelli, Annalisa Tassoni, Dora Melucci було проведено дослідження за темою «The Design of Experiment as a Tool to Model Plant Trace-Metal Bioindication Abilities». В якому вони дійшли до висновку, що при спостереженні певні значні ефекти взаємодії між металами, що дає можливість моделювати поглинання рослинами певного елемента під час росту в поліметалевих субстратах. Це дослідження продемонструвало, що є корисним для прогнозування потенціалу біоіндикації видів рослин перед їх застосуванням на польових рівнях. Воно показало, що тест-рослину можна ефективно використовувати як біоіндикатор Cd і Cr, оскільки моделі вказували на відсутність взаємодій з іншими металами та лінійне поглинання цих елементів. Також було показано, що загалом поглинання певного металу не можна розглядати незалежно від присутності інших металів, але необхідно звернути увагу на взаємодію металу, що цікавить. Однак таке дослідження має супроводжуватися фізіологічним дослідженням, пов'язаним із механізмами поглинання металів, а також польовими випробуваннями, корисними для підтвердження фактичної ефективності біоіндикації елементу. Крім того, інші змінні, такі як фізико-хімічні характеристики субстрату, повинні бути включені в модель, щоб зробити її більш реалістичною та схожою на реальні умови навколишнього середовища.

Токсичні речовини при попаданні в довкілля стають одним з основних чинників його забруднення, оскільки викликають зміни неорельєфу. Вони також порушують біологічний баланс і процес самоочищення в екосистемі, які можуть призвести до непередбачуваних змін у довкіллі.

Родина *Brassicaceae*, широко використовується для потреб біотестування в Канаді, США та країнах ЄС (OECD 208, 2003; Phytotoxkit). Вплив випробуваних зразків на тест – рослинах можна оцінити за різними тест-параметрами, зокрема, кількістю пропущеного насіння, довжинами коренів та пагонів.

Метою роботи було визначення чутливості тест-організмів родини *Brassicaceae* до токсичності субстратів сміттєзвалищ в Передкарпатському регіоні України.

**Матеріали, методи та аналіз дослідження**

В якості рослин індикаторів було використано ряд представників родини *Brassicaceae*: *Lepidium sativum* L., *Raphanus sativus* var. *radicula* Pers., *Brassica napus* L. та *Sinapis alba* L.

Розвиток та енергію проростання насіння визначили у відповідності з державними стандартами: ДСТУ 4138 – 2002 і ДСТУ –2240-93.

Було відібрано 48 зразків субстрату з різних ділянок Броницького, Бориславського та Стрийського сміттєзвалищ. Ґрунтові зразки відбирались із усіх сторін горизонту, на глибині 10 см. В лабораторних умовах засівали по 10 насінин кожної із тест – рослин у чашки Петрі, закладали та знімали сіянці в один і той самий час. Дослід проводився при кімнатній температурі + 20°C і природньому освітленні у приміщенні лабораторії. Періодично проводився полив відстояною водою. Через 10 діб сіянці були вилучені з досліджуваних субстратів. Протягом дослідження велося спостереження за низкою показників: кількістю пророщених екземплярів рослин у чашці Петрі, вимірювання довжини надземної частини рослини та вимірювання довжини кореневої системи (рис. 1)

У відповідності до отриманих результатів можна розподілити досліджувані едафотопи за наступними групами: забруднення відсутнє – проростання насіння 90-100%; слабе забруднення – проростання насіння 60-90%; середнє забруднення – проростання насіння 20-60% і сильне забруднення – проростання насіння менше 20%.

Ступені забруднення субстратів, аналізували з кількості паростків досліджуваних рослин, які проросли. Враховувалась особливість, що при підвищеній концентрації забруднюючих речовин у субстратах сповільнюється проростання насіння та знижується інтенсивність фізіологічного розвитку сіянців (рис. 2)

Перші паростки *Lepidium sativum* L., почали з'являтися на 2-3 день. На 10-й день проведення дослідження рослини були вибрані із пророщеного середовища та опрацьовані. Отримані дані проілюстровані на рисунках 3, 4 і 5.



Рис. 2. Пророщені рослини в субстраті перед початком замірів (фото Король К.А., 2021 р.)

На зразках субстрату Броницького сміттєзвалища *Lepidium sativum* L. показав найкращу динаміку росту на східному боці сміттєзвалища у кількості – 9 сіянців, та північного боку – 8 сіянців. Дещо менша динаміка була встановлена з південної та західної сторін – 7 сіянців. Отримані результати свідчать про незначне забруднення субстрату на даному сміттєзвалищі.

Зразки субстрату з Бориславського сміттєзвалища краще проросли з північної та південної сторін у кількості – 7 сіянців. Зі східної сторони – 6 сіянців та з західної сторони у кількості 5 сіянців. Отримані дані проростання свідчать про слабе забруднення субстратів майже на усьому сміттєзвалищі, окрім західного боку, де ідентифіковане середнє забруднення.

На території Стрийського сміттєзвалища найвища динаміка спостерігалась з східної сторони – 6 сіянців, північної сторона – 6 сіянців та з західної сторони – 7 сіянців. Дещо меншим було проростання на субстраті з північної сторони – 5 сіянців. Це свідчить про те, що все сміттєзвалище є слабо забруднене, окрім західного боку, яке має показник середнього забруднення субстрату (Рисунок 3).

На досліджуваних субстратах Броницького сміттєзвалища вирощений *Lepidium sativum* L. показав найкращу динаміку росту пагону на західному боці

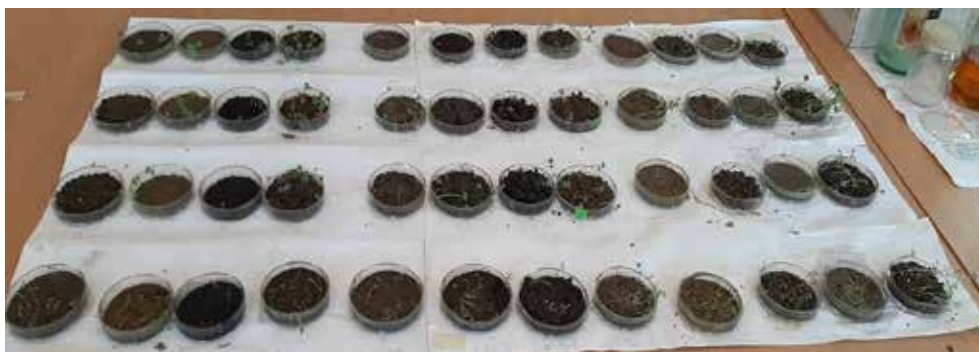


Рис. 1. Зразки субстрату з пророщеними тест – рослинами (фото Король К.А., 2021 р.)

Рис. 3. Кількість вирощених рослин *Lepidium sativum* L. на субстратах сміттєзвалищРис. 4. Довжина вирощеного паростку *Lepidium sativum* L. на субстратах сміттєзвалищРис. 5. Довжина кореневої системи *Lepidium sativum* L. на субстратах сміттєзвалищ

з довжиною 7,8 см паростку та північного боку – 7,2 см. Дещо менший ріст з східної сторони – 6,4 см., та найнижчий рівень росту зафіксований на зразках субстрату з південного боку – 5,7 см., що свідчить про слабе забруднення субстратів на цьому сміттєзвалищі.

На досліджуваних зразках Бориславського сміттєзвалища краще проросли пагони з південного боку завдовжки – 7,7 см., з східної і західної сторін – 6,1 см кожна, а з північного боку – 5,4 см. З отриманих даних пророщених *Lepidium sativum* L. можна побачити слабе забруднення субстратів майже на всій території сміттєзвалища.

На території Стрийського сміттєзвалища найкращу динаміку *Lepidium sativum* L. встановлено з східної сторони – 7,5 та південної сторони – 7,4 см. Західна і північна сторони дали довжину паростка 6,7 см., що свідчить про те, що все сміттєзвалище є слабо забруднене (Рисунок 4).

*Lepidium sativum* L. який був вирощений на зразках субстрату Броницького сміттєзвалища показав найвищу динаміку росту кореневої системи: на

південному боці – 6,3 см., з західного боку – 5,7 см і східного – 5,2 см. Дещо нижчий ріст кореневої системи зафіксований на північній стороні – 4,3 см. Що вказує на відповідність меншого кореня до вищого паростку.

На досліджуваних зразках з Бориславського сміттєзвалища корені *Lepidium sativum* L. проросли наступним чином: з південного боку – 5,2 см., з східної сторони – 4,5 см., із західної сторони – 4,7 см. і з північної – 2,5 см. З отриманих даних бачимо північну сторону, як найнесприятливішу у для проростання рослин.

На території Стрийського сміттєзвалища найвищу динаміку спостерігали з східної сторони – 5,4 см., з західної сторони – 5,7 см та з південного боку – 5,3 см. Значно нижчу довжину кореня зафіксовано з північної сторони – 3,2 см. Це свідчить про те, що майже все сміттєзвалище є слабо забрудненим, окрім західного боку яке має середнє забруднення (Рисунок 5).

Також, нами було висаджено зразки *Raphanus sativus* var. *radicula* Pers., які показали наступні

результати: перші паростки даного зразка почали з'являтися на 3-5 день. На 10-й день проведення дослідження рослини були витягнуті з пророщеного середовища та опрацьовані їх біометричні параметри.

На субстратах Броницького сміттєзвалища, на якому проходить природня фітомеліорація, отримуємо досить високі результати росту *Raphanus sativus var. radicula* Pers. Зразок субстратів в який були посіяно насіння редиски з північної сторони у кількості 7 сіянців та з південної сторони – 7 сіянців була найсприятливішою та східна сторона – 6 сіянців і західна сторона – 5 сіянців *Raphanus sativus var. radicula* Pers., дещо нижчою, що характеризується слабким забрудненням з північного, південного та східного боку та середнім з західного.

Субстрати з Бориславського сміттєзвалища показали найкращий результат з південної сторони – 7 сіянців та східної сторони – 6 сіянців *Raphanus sativus var. radicula* Pers. Дещо гірші з північної – у кількості 5 сіянців, та західної сторони – 5 сіянців *Raphanus sativus var. radicula* Pers. Де слабке забруднення з східної та південної сторони, а північної та західної характеризується середнім забрудненням субстратів.

Дещо нижчі результати отримали з субстратів Стрийського сміттєзвалища, де найкращу динаміку проростання було зафіксовано з південної сторони – 7 сіянців та західної – 5 сіянців *Raphanus sativus var. radicula* Pers. та дещо нижчі з північної сторони – 5 сіянців та східної – 5 сіянців *Raphanus sativus var. radicula* Pers. Де північний та західний бік слабо забруднений, а північний та східний бік середньо забруднений (Рисунок 6).

На досліджуваних субстратах Броницького сміттєзвалища висаджений *Raphanus sativus var. radicula* Pers. показав найкращу динаміку росту пагонів на

західному боці з довжиною 7,3 см паростку та північного боку – 7,4 см. Дещо нижчий ріст погона була встановлено з східної сторони – 6,3 см., та найнижчий рівень росту зафіксований на зразках субстрату з південного боку – 5,7 см. Що свідчить про слабе ступінь забруднення субстратів на об'єкті.

На досліджуваних зразках з Бориславського сміттєзвалища краще проросли пагони *Raphanus sativus var. radicula* Pers. з південного боку довжиною 7,5 см., та з східної – 6,4 см і західної сторони – 6,5 см. З північного боку – 5,8 см., що є найнижчою для даного сміттєзвалища. Та з отриманих даних пророщених *Raphanus sativus var. radicula* Pers. бачимо слабе забруднення субстратів майже на всьому сміттєзвалищі.

На території Стрийського сміттєзвалища найвищу динаміку *Raphanus sativus var. radicula* Pers. зафіксовано з південної сторони – 7,8 см та східної сторони – 7,2 см. Західна сторона – 6,7 см., а північна сторони показала довжину паростка *Raphanus sativus var. radicula* Pers. – 6,1 см., що свідчить про те, що майже все сміттєзвалище є слабозабрудненим (Рисунок 7).

*Raphanus sativus var. radicula* Pers. який був висаджений на зразках субстратів Броницького сміттєзвалища, показав найкращу динаміку проростання на східному боці сміттєзвалища з довжиною 4,6 см. Дещо менший ріст кореневих систем встановлено з південного боку – 4,5 см та північного і західного – 3,5 см кожен.

На досліджуваних зразках з Бориславського сміттєзвалища пророщені корені *Raphanus sativus var. radicula* Pers. проросли наступним чином: з південного боку довжиною кореня – 5,6 см., з західного боку – 4,8 см., із східної сторони – 3,4 см., а з північної сторони лише 2,7 см. Отримані дані свідчать про



Рис. 6. Кількість вирощених рослин *Raphanus sativus var. radicula* Pers. на субстратах сміттєзвалищ



Рис. 7. Довжина вирощеного паростку *Raphanus sativus var. radicula* Pers. на субстратах сміттєзвалищ

те, що північна сторона є найнесприятливішою для проростання рослинного покриву.

На території Стрийського сміттєзвалища найкращу динаміку пророщеного кореню *Raphanus sativus* var. *radicula* Pers. спостерігалась з південної сторони – 4,7 см., західної сторони – 3,5 см., та з південного боку – 3,1 см. Значно менший корінь зафіксований з східної сторони – 2,4 см., що є індикатором слабого забруднення сміттєзвалища (Рисунок 8).

Перші паростки *Brassica napus* L. почали з'являтися на 3-5 день. На 10-й день проведення дослідження рослини були вибрані з пророщеного середовища та опрацьовані.

Броницьке сміттєзвалище показало найкращу динаміку проростання насіння *Brassica napus* L. з східної сторони – 7 сянців. Дещо нижчою було проростання з північної сторони – лише 5 пророщених сянців *Brassica napus* L., а південна сторона – 5 сянців та західна сторони – 4 сянці *Brassica napus* L. Східний бік сміттєзвалища виявився слабо забрудненим, а інші сторони показали середню ступінь забруднення субстратів.

З зразків субстрату Бориславського сміттєзвалища, у яке було висаджено насіння *Brassica napus* L. показало найнижчі результати проростання, вони наступні: східний бік – 7 сянців, південний – 6 сянців, північний – 5 сянців та західний – 4 сянці *Brassica napus* L. Отже північна, західна та південна сторони є середньо забрудненими, а східна відповідно слабо забруднена.

На зразках субстрату з Стрийського сміттєзвалища найвищу динаміку було встановлено з західної сторони – 5 сянців, дещо гірша з північної сторони –

3 сянців, східна – 4 сянці, південна – 3 сянці, що є свідченням середнього рівня забруднення субстратів на усьому сміттєзвалищі (Рисунок 9).

На досліджуваних субстратах Броницького сміттєзвалища висаджений *Brassica napus* L. показав найвищу динаміку росту пагонів на східному боці з довжиною – 11,5 см пагона. З північного боку зафіксовано – 10,4 см., а з західного – 10,8 см. Сянці пагона *Brassica napus* L. показали дещо менший ріст з південної сторони – 9,1 см., що є найнижчим рівнем росту зафіксованому на зразках субстрату.

На досліджуваних зразках з Бориславського сміттєзвалища краще проросли пагони *Brassica napus* L. на субстратах з східного боку – 12,3 см., з західної сторони – 11,7 см., і північної сторони – 11,4 см. Найнижче відповідно на субстратах південного боку – 10,8 см. З отриманих даних пророщених *Brassica napus* L. бачимо слабке забруднення субстратів практично на цілому сміттєзвалищі.

На території Стрийського сміттєзвалища найвищу динаміку проростання *Brassica napus* L. зафіксовано з північної сторони – 12,6 см та західної сторони – 11,7 см паростку. Південна сторона показала довжину паростка – 10,3 см., а на субстратах східного боку – 9,4 см (Рисунок 10).

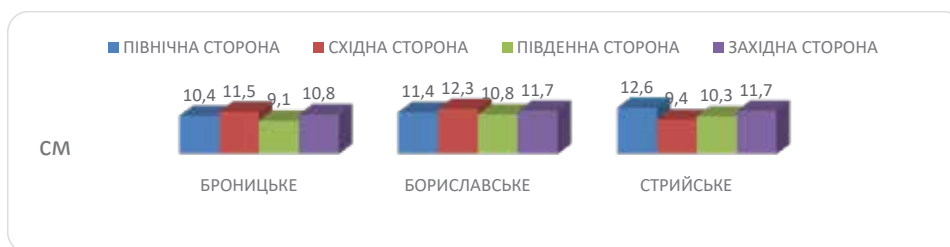
*Brassica napus* L. який був висаджений на зразках субстратів Броницького сміттєзвалища показав найвищу динаміку пророщеного кореню на східному боці сміттєзвалища з довжиною 5,6 см кореня. Дещо нижчий ріст кореню зафіксовано з північного боку – 4,7 см та південного – 4,1 см кореню *Brassica napus* L. Найнижчий ріст кореню був зафіксований з західної сторони – 3,5 см., що



Рис. 8. Довжина вирощеного кореню *Raphanus sativus* var. *radicula* Pers. на субстратах сміттєзвалищ



Рис. 9. Кількість вирощених рослин *Brassica napus* L. на субстратах сміттєзвалищ

Рис. 10. Довжина вирощеного паростку *Brassica napus* L. на субстратах сміттєзвалищРис. 11. Довжина вирощеного кореню *Brassica napus* L. на субстратах сміттєзвалищРис. 12. Кількість вирощених рослин *Sinapis alba* L. на субстратах сміттєзвалищ

вказує відповідність меншого кореня до вищого паростку *Brassica napus* L.

На досліджуваних зразках з Бориславського сміттєзвалища проросли корені *Brassica napus* L. проросли з північного боку довжиною у 5,8 см., з західної сторони – 4,6 см. Із східної сторони він становив – 4,3 см., а з південної сторони – найменше – 3,5 см. З отриманих даних бачимо південну сторону сміттєзвалища, як найгіршу для проростання сіянців *Brassica napus* L.

На території Стрийського сміттєзвалища найвищу динаміку пророщеного кореню *Brassica napus* L. встановили з північної сторони – 6,7 см, східної сторони – 5,9 см я та з південного боку – 4,7 см відповідно. Значно меншу довжину кореневої системи зафіксовано з західної сторони – 4,5 см. про те, що досліджуване сміттєзвалище є слабо забрудненим (Рисунок 11).

Перші проростання паростків *Sinapis alba* L. з'явилися на 2-3 день. На 10-й день проведення дослідження рослини були вибрані з пророщеного середовища та опрацьовані їх біометричні параметри.

Броницьке сміттєзвалище показало найвищу динаміку для проростання *Sinapis alba* L. з північної та південної сторін у кількості 7 пророщених сіянців *Sinapis alba* L. Дещо гіршу з східної та західної сторони – 6 сіянців. На території даного сміттєзвалища субстрати класифікуємо як слабо забруднені.

Проростання на субстратах Бориславського сміттєзвалища найвищу динаміку показало з західного боку – 8 сіянців, з східного та південного – 7 сіянців *Sinapis alba* L. Значно нижча вона з північного боку – 5 сіянців. Субстрати на даному сміттєзвалищі є слабо забрудненими, а з північного боку – середньо забрудненими.

Отримані результати на субстратах відібраних на Стрийському сміттєзвалищі показало найвищі результати з північного боку – 8 сіянців, східного – 9 сіянців *Sinapis alba* L. Дещо нижчою виявилась динаміка проростання з південного та західного боків сміттєзвалища – 7 сіянців. Субстрати класифікуються як слабо забруднені (Рисунок 12).

На досліджуваних субстратах Броницького сміттєзвалища висаджений *Sinapis alba* L. показав най-

кращу динаміку росту пагону на західному боці з довжиною – 11,3 см та східному – 10,2 см. Дещо менший ріст пагона був встановленим з південної сторони – 9,8 см. Найнижчий рівень росту зафіксований на зразках пророщених на субстратах з північного боку – 9,1 см., що є свідченням слабого ступеня забруднення субстратів.

На досліджуваних зразках з Бориславського сміттєзвалища краще проросли пагони *Sinapis alba* L. з західного та східного боків завдовжки 11,3 см., з північної сторони – 10,2 см., а з південного боку – 9,8 см. Виходячи із отриманих результатів пророщених *Sinapis alba* L. присутнє слабе забруднення субстратів сміттєзвалища.

На території Стрийського сміттєзвалища найвищу динаміку проростання *Sinapis alba* L. виявлено з західної сторони – 11,8 см., з північної – 11,5 см., з південної – 10,3 см та східної відповідно сторони – 10,2 см., що свідчить про те, що ґрунти сміттєзвалища є слабо забрудненими (Рисунок 13).

Насіння *Sinapis alba* L., які були висіяні на зразках субстратів Броницького сміттєзвалища показали найвищу динаміку пророщеного коріння на південному боці сміттєзвалища з довжиною – 5,8 см., з північного та західного боку – 5,3 см. Дещо гірший ріст виявлено на східній стороні – 4,5 см.

На досліджуваних зразках з Бориславського сміттєзвалища пророщені корені *Sinapis alba* L. з західного боку становили – 4,8 см., з південної і північної сторони – 4,5 см., із східної сторони – 3,4 см *Sinapis alba* L. був найменший. Ці дані свідчать про те, що північна сторона найнесприятливіша.

На території Стрийського сміттєзвалища найвищу динаміку пророщеного кореню отримали з пів-

денної сторони – 4,1 см кореня, західної сторони – 3,8 см кореня, з північного боку – 3,3 см. Менший корінь зафіксований з східної сторони – 3,2 см. Це свідчить, що сміттєзвалище є слабо забрудненим, окрім західного боку (Рисунок 14).

#### Висновки

В наслідок проведених лабораторних досліджень фітоіндикації субстратів Броницького, Бориславського та Стрийського сміттєзвалищ тест-культурами – *Lepidium sativum* L., *Raphanus sativus* var. *radicula* Pers., *Brassica napus* L., *Sinapis alba* L. встановлено, що найбільш толерантним видом до техногенних забруднень є *Lepidium sativum* L. та *Sinapis alba* L. Оскільки ці види розвивається на досліджуваних субстратах усіх ділянок сміттєзвалищ.

За отриманими даними щодо проростання *Lepidium sativum* L. на субстратах відібраних на Броницькому сміттєзвалищі зі східного та західного боку проросло 60% посіяного насіння, з північного та південного боків – 70%. З субстратів Бориславського сміттєзвалища проростання з західного боку становило – 80%, з південного та східного боків по 70%, з північного – 50% досліджуваних рослин. На Стрийського сміттєзвалища – з східного боку проростання становило – 90%, з північного та західного боку – 70%, та південного – 80%.

Щодо отриманих даних *Sinapis alba* L., то з субстратів Броницького сміттєзвалища зі східного та західного боків проросло по 60% насіння, а з північного та південного боку – 70%. З Бориславського сміттєзвалища отримали проростання з західного боку – 80%, північного та східного боку по 70% та з південного – 50%. Щодо Стрийського сміттєзва-



Рис. 13. Довжина вирощеного паростку *Sinapis alba* L. на субстратах сміттєзвалищ



Рис. 14. Довжина вирощеного кореню *Sinapis alba* L. на субстратах сміттєзвалищ



лица то отримані дані показали наступні результати: з північного та західного боків відбулося проростання – 70% насіння, з південного – 80% та з східного – 90%.

Для фітотестування сміттєзвалищ рекомендуємо використовувати *Brassica napus* L. Цей вид найбільше реагує на рівень забруднення у поєднанні із вологістю субстрату в польових умовах. З отриманих даних щодо проростання на субстратах з Броницького сміттєзвалища зі східного боку було зафіксовано 70%, з північного та південного боків – 50% та з західного – 40% посіяного насіння. З Бориславського сміттєзвалища отримали проростання з східної сторони – 70%, з північного боку – 50%, західного боку – 40% та з південного – 60%. Щодо Стрийського сміттєзвалища то отримані дані показали з північного та південного боку по 30% проростання, з західного – 50% та східного 40% пророщених висаджених паростків даного виду.

Нерівномірний ріст і розвиток таких фітосистем як *Raphanus sativus* var. *radicula* Pers. Свідчить про фрагментальне забруднення сміттєзвалищ необхідності проведення природної фітомеліорації за рахунок рослин – фітомеліорантів (рудероценозів).

За отриманими даними на субстратах з Броницького сміттєзвалища зі східного боку проросло 60% насіння, з північного та південного боків – 70% та з західного – 50% посіяного насіння. Відповідно з Бориславського сміттєзвалища отримали проростання з північного та західного боку по 50% та з східного і південного по 40%. Щодо Стрийського сміттєзвалища то отримані дані показали з північного боку – 70% проростання, з західного – 60% та південного і східного по 50% пророщених висаджених паростків даного виду. З огляду на фітотестування найбільш техногенно забрудненими є субстрати даного сміттєзвалища.

### Література

1. Валерко Р.А. Особливості біотестування антропогенно забруднених ґрунтів з метою їх еко токсичної оцінки. *Вісник Харківського національного аграрного університету. Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство*. 2013. № 2. С. 262–266.
2. Григорчук І.Д. Використання рослинних біоіндикаторів для оцінки токсичності ґрунтів на території м. Кам'янець-Подільського. *Біологічні системи*. 2016. Т. 8. Вип. 2. С. 212–218.
3. Гринчишин Н.М., Бабаджанова О.Ф., Соседко К.С. Фітотоксичність нафтозабруднених ґрунтів на прикладі крес-салату (*Lepidium sativum* L.). *Науковий вісник НЛТУ України*. 2014. Вип. 24.10. С. 81–86.
4. Грицак Л.Р., Барна І.М., Кодлюк І.М., Сельська І.І., Сплавінська Ю.Т., Сукар Х.В., Барна С.С. Біоіндикаційні методи для потреб системного аналізу якості довкілля. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені В. Гнатюка. Серія: Географія*. 2017. № 2. С. 153–165.
5. Гродзінський А.М. Лікарські рослини: Енциклопедичний довідник. Київ, 1990. 544 с.
6. Губачов О.І. Особливості використання рослин для біотестування ґрунтів з метою визначення рівня екологічної безпеки промислових територій. *Науковий Вісник КУЕІТУ. Нові технології*. 2010. № 3 (29). С. 164–171.
7. Дідух Я.П. Основи біоіндикації. Київ, 2012. 344 с.
8. Клименко М.О., Прищепа А.М., Клименко О.М., Стецюк Л.М. Оцінювання стану водних екосистем за показниками біотестування. Рівне, 2014. 170 с.
9. Никифоров В.В., Дігтяр С.В., Мазницька О.В., Козловська Т.Ф. Біоіндикація та біотестування. Кременчук, 2016. 100 с.
10. Попович В.В. Біоіндикація техногенних едафотопів Львівського міського сміттєзвалища за допомогою тесту на крес-салат. *Вісник ЛДУ БЖД*, № 13. 2016. С. 107–111.
11. Фартушна Д.М., Комарова І.О. Біоіндикація стану едафотопів м. Кривого Рогу за цитогенетичними показниками *Allium sepa* L. *Екологічний вісник Криворіжжя*. 2018. вип. 3. С. 55–58.
12. Попович В.В. Поводження із твердими побутовими відходами (вітчизняний та зарубіжний контекст). *Комунальне господарство міст: науково-технічний збірник*. 2012. № 105. С. 476–482.
13. Feodor Filipov, Esmeralda Chiorescu *Equisetum arvense* L. as a bioindicator of acid soils. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*. Vol. LXIV, No. 1, 2021.
14. Academic Editors: Giuseppe Scarponi, Silvia Illuminati, Anna Annibaldi and Cristina Truzzi *Molecules* 2022, 27(6), 1844; <https://doi.org/10.3390/molecules27061844>
15. Weihang Shena, Nengwu Zhuab, Jiaying Cuia, Huajin Wanga, Zhi Dangab, Pingxiao Wuab, Yidan Luoa, Chaohong Shia *Ecotoxicity monitoring and bioindicator screening of oil-contaminated soil during bioremediation. Ecotoxicology and Environmental Safety* Volume 124, February 2016, P. 120–128.
16. Danute Marciulioniene, Danguoe Montvydiene, Vilmante Karaviciene, William Hog *Lepidium sativum* L. as test-organism for assessment of environmental pollution kalmar Eco-Tech '05 and the second Baltic symposium on environmental chemistry Kalmar, Sweden, November 28-30, 2005.
17. Fargasova A. Root growth inhibition, photosynthetic pigments production, and metal accumulation in *Sinapis Alba* as the parameters for trace metals effect determination. *Bull Environ Contam Toxicol* 6. P. 762–769.
18. Magone L. Bioindication of phytotoxicity of transport emission. In: Kachalova O. L., editor. *Bioindication of toxicity of transport emissions in the impact of highway emissions on natural environment*. Riga, Latvia: Zinatne. P. 108–116.
19. Попович В.В. Фітомеліорація як засіб виведення сміттєзвалищ із експлуатації *Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності*. 2015. № 11. С. 126–130.