

© О.С. Ковров<sup>1</sup>, В.В. Маліченко<sup>1</sup>, Д.В. Кулікова<sup>1</sup>, Ю.В. Бучавий<sup>1</sup>, В.Ю. Грунтова<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРСПЕКТИВ ВИКОРИСТАННЯ КОМПОЗИТНИХ БРИКЕТІВ З ВІДХОДІВ КАВИ ДЛЯ ТЕХНОЛОГІЙ ФІТОРЕМЕДІАЦІЇ ДЕГРАДОВАНИХ ЗЕМЕЛЬ

© O. Kovrov<sup>1</sup>, V. Malichenko<sup>1</sup>, D. Kulikova, Yu. Buchavyi<sup>1</sup>, V. Gruntova<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine

## STUDY OF THE PROSPECTS OF USING COMPOSITE BRIQUETTES FROM COFFEE WASTE FOR PHYTOREMEDIATION TECHNOLOGIES OF DEGRADED LANDS

**Мета.** Дослідження перспектив використання відходів кави в якості потенційного фітормеліоранта для технологій фіторемедіації деградованих і забруднених земель рослинами-сидератами з обґрунтуванням оптимальних співвідношень «грунт-меліорант», за якої спостерігаються максимальні показники приросту біомаси.

**Методика дослідження** базується на теоретичному аналізі досвіду застосування фітормеліоративних заходів для відновлення родючості деградованих земель, дослідженні проблеми утворення кавових відходів, проведенні лабораторних біотестів щодо вирощування рослин-фіторемедіантів на ґрунтових сумішах з додаванням відходів кави.

**Результати дослідження.** Досліджено вплив кавових відходів різної концентрації на ростові показники піддослідних рослин-сидератів: гірчиця біла (*Sinapis alba*), сорго трав'янисте (*Sorghum bicolor*) та стоколос безостий (*Bromopsis inermis*). Наведено результати вимірювань функціональних частин рослин з урахуванням можливої похибки. Визначено, що оптимальна концентрація внесення кавових відходів до субстрату ґрунтової суміші за якої спостерігаються найліпші показники інтенсифікації росту рослин складає 10–15% за масою. Встановлено, що перевищення рекомендованих концентрацій внесення кавових відходів можуть пригнічувати ріст деяких рослинних культур через їх певну чутливість до дози фітормеліоранту.

**Наукова новизна.** Визначено, що оптимальна концентрація відходів кави в складі субстрату ґрунтової суміші, за якої спостерігаються найкращі ростові показники рослин, складає 10-15% за масою, що дозволяє рекомендувати ефективні дози внесення даного відходу в якості біодобрива для фіторекультивациі деградованих земель.

**Практичне значення.** Запропонований метод повторного використання кавових відходів розкриває новий прикладний напрям, який дозволяє поєднати утилізацію популярного біологічного продукту в технологіях фіторемедіації та відновлення потенціалу деградованих та забруднених земель.

**Ключові слова:** відходи кави, фіторемедіація земель, композитний брикет, рослини-сидерати.

**Вступ.** Земельні ресурси мають вирішальне значення в житті людини, адже стан ґрунтів може суттєво вплинути на якість життя всіх живих організмів. Тому проблема збереження та відновлення родючого потенціалу земель завжди буде актуалізуватися в суспільстві та мати першочерговий пріоритет [1].

Щороку в світі збільшуються площі деградованих земель і безперечно головною причиною тому є антропогенний вплив, що виражається широким спектром людської діяльності: транспорт, промисловість, сільське господарство, енергетика, комунальне господарство, військові дії та інше [2].

Важко перелічити всі можливі шляхи впливу людини на стан ґрунтів, проте можна виділити декілька найбільш суттєвих, серед яких вплив агропромислового сектору, що виражений інтенсивною сільськогосподарською діяльністю та неконтрольованим внесенням мінеральних добрив чи різноманітних хімічних препаратів [3].

У якості сучасної практики відновлення родючості забруднених та деградованих земельних територій застосовують заходи фіторекультивациї. Ідея полягає в тому, щоб вирощувати на порушених ділянках зелені насадження, що мають меліоративні властивості та здатні поліпшувати показники ґрунту [4].

Для забезпечення сприятливих умов зростання рослин потрібно застосовувати комплексне живлення, що передбачає помірне внесення органо-мінеральних добрив. Ідея статті полягає в тому щоб обґрунтувати перспективи часткового підживлення фітоценозів за рахунок внесення відходів кави.

У сучасному світі кавові напої та продукти на основі чи з додаванням кави набувають неабиякої популяризації серед населення, що сприяє утворенню все більшої кількості характерного відходу і те, що ці відходи переважно складаються на сміттєзвалищах створює реальну шкоду для довкілля [5].

Кавова гуща може бути цінним матеріалом, бо навіть після приготування кави має в своєму складі багато мікро- та макроелементів, а також багато органічних речовин [6, 7].

Тому концепція цілеспрямованого використання кави у якості біодобрива може запобігти забрудненню навколишнього середовища за рахунок зменшення об'ємів відходів, що складаються на сміттєзвалищі, а також за рахунок свого цінного складу, сприяти відновленню природних комплексів.

**Формулювання цілей статті.** Метою роботи є дослідження впливу кавових відходів у якості добрива для живлення рослин-сидератів, що проявляють меліоративні властивості, а також обґрунтування оптимальної концентрації відходів кави за якої спостерігається найліпші показники приросту фітомаси.

Для досягнення зазначеної мети були поставлені такі задачі:

1. Визначити особливості проведення експериментів з вирощування рослин;
2. Провести ростовий експеримент з вирощування рослин-фіторемедіантів: гірчиця біла (*Sinapis alba*), сорго трав'янисте (*Sorghum bicolor*) та стоколос безостий (*Bromopsis inermis*) в середовищах з різною концентрацією відходів кави;
3. Виміряти ростові показники піддослідних рослин та провести статистичний аналіз отриманих результатів;
4. Проаналізувати залежність ростових показників рослин від умов середовища в яких вони зростали та визначити оптимальну концентрацію кави за якої спостерігаються найкращі показники приросту біомаси.

Для вирішення поставлених задач використані наступні методи дослідження: науковий пошук за літературними та електронними джерелами – при

визначенні особливості проведення та оцінки експерименту з вирощування рослин; фітотестування – лабораторний метод вивчення рослин в контрольованих умовах; ростовий тест – один з методів проведення фітотестування, що базується на визначенні закономірності між ростовими показниками рослин та впливом контрольованого фактору; методи статистичного аналізу.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Для дослідження характеру та інтенсивності впливу кавової гущі на піддослідні рослини потрібно провести ростовий тест. Цей експеримент являє собою вирощування тест-об'єктів (рослин) в лабораторних умовах з метою визначення кореляційного зв'язку між ростовими показниками функціональних частин рослинних культур (довжини кореневої системи та висоти стебла) залежно від інтенсивності дії контрольованого фактору (у даному випадку концентрація кавової гущі в складі субстрату ґрунту). У якості тест-об'єктів обрані: гірчиця біла (*Sinapis alba*), сорго (*Sorghum bicolor*) та стоколос безостий (*Bromopsis inermis*). Ці рослини є типовими прикладами широко застосовуваними фітотемедіантами, можуть проявляти неабиякий позитивний ефект на стан ґрунтів.

Експеримент проводився в лабораторних умовах протягом трьох тижнів при середніх значеннях температурного режиму в приміщенні 16-20 °С. У перший день рослини висаджували в спеціальну форму для пророщування рослин, що складається з 18 комірок (об'єм однієї комірки 180 см<sup>3</sup>). В кожену комірку засипали підготовлений субстрат, що містив ґрунтову суміш та відходи кави різної концентрації за масою.

В досліді використані наступні види ґрунтових субстратів: суглинок темно-бурий щільний, ґрунт (чорнозем) та річковий пісок. Для кожної рослини-сидерату підібрано субстрат для проведення ростового тесту: для гірчиці білої – суглинок, для сорго – ґрунт чорноземний, для стоколосу безостого – пісок.

Кожна рослина культивувалась в шести комірках лотку для пророщування рослин на зазначених субстратах з різною концентрацією кави: одна комірка без кави – контрольне середовище, а інші п'ять з різним вмістом кави: 10, 20, 30, 40, 50 г ).

В кожену комірку лотка висівали по 40 насінин кожної рослини. Лоток з висадженими рослинами було розміщено поблизу вікна для доступу природного сонячного освітлення. Для зменшення випаровування і підтримання умов високої вологості лоток накривали харчовою плівкою (рис. 1).

Рослини регулярно поливали очищеною водою по 10–15 мл в кожену комірку через добу. Також регулярно здійснювали провітрювання 1–3 рази на добу на 5–15 хвилин, знімаючи харчову плівку з лотка. Результати приросту зеленої біомаси фіксувались щотижня (рис. 2–4).

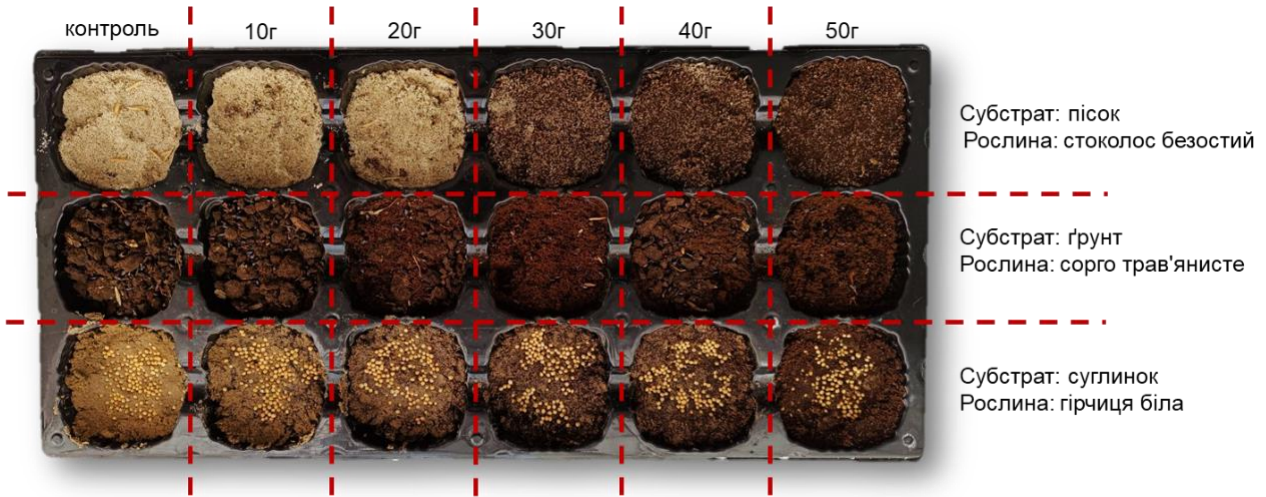


Рис. 1. Підготовлена форма для вирощування рослин



Рис. 2. Результати приросту зеленої біомаси за 1-й тиждень



Рис. 3. Результати приросту зеленої біомаси за 2-й тиждень



Рис. 4. Результати приросту зеленої біомаси за 3-й тиждень

Через три тижні, з кожної комірки обережно, щоб не пошкодити кореневу систему рослин, за допомогою пінцета вибирали по 10 зразків паростків кожної рослини для вимірювання ростових показників. Усі зразки рослин розподіляли за типом субстрату, в якому вони зростали (рис. 5-7). Далі вимірювали довжину кореневої системи та висоту стебла кожного паростка. Вимірювання виконуються за допомогою лінійки з точністю до 1 мм.

На основі отриманих даних виконували статистичну обробку та аналіз результатів, а саме обчислювали середню довжину кореневої та надземної частин рослин, а також похибку середнього арифметичного  $\bar{x} \pm m$  [8], де  $\bar{x}$  – середнє арифметичне значення;  $m$  – похибка середнього арифметичного, що розраховується за формулою:

$$m = \sqrt{\frac{\sigma^2}{N}}, \quad (1)$$

де  $N$  – кількість результатів;  $\sigma^2$  – дисперсія, що обчислюють за формулою:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (x - \bar{x})^2}{N}. \quad (2)$$

Рис. 5. Вплив відходів кави на ростові показники гірчиці білої (*Sinapis alba*)

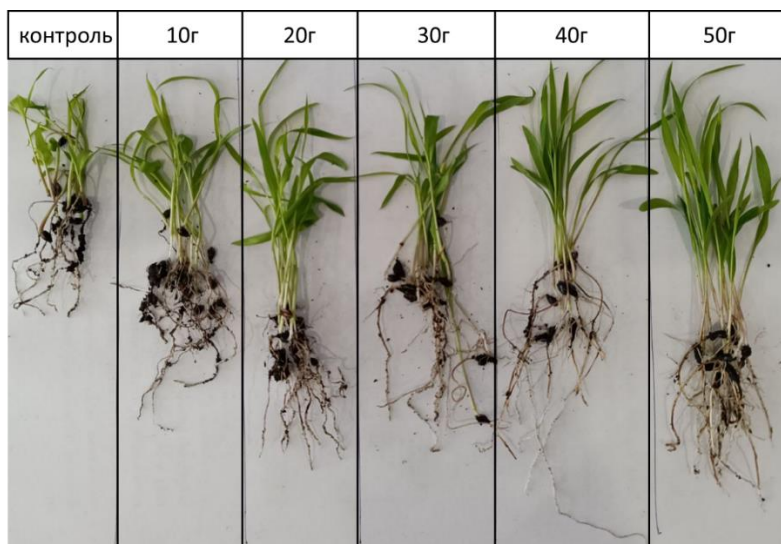


Рис. 6. Вплив відходів кави на ростові показники сорго (*Sorghum bicolor*)

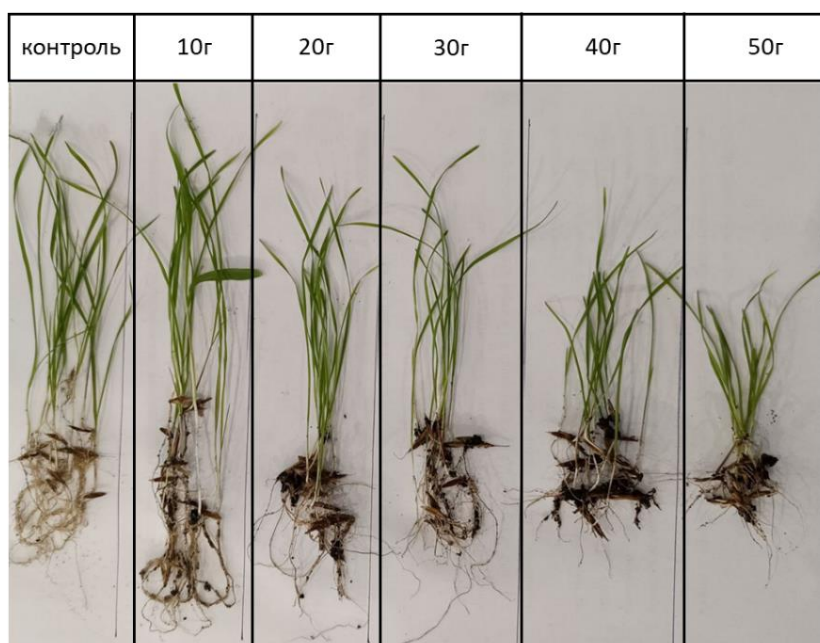


Рис. 7. Вплив відходів кави на ростові показники стоколоса безостого (*Bromopsis inermis*)

Використовуючи дані статистичної обробки результатів вимірювань ростових показників рослин, для візуалізації інформації та статистичного аналізу побудовано графіки впливу різної концентрації кавових відходів на ростові показники рослин (рис. 8–10).

Аналізуючи результати дослідження впливу кавових відходів на ростові показники рослин можна зробити висновок, що внесення незначних концентрацій відходів кави до складу субстрату (10–15%) за масою, у якості елемента загальної системи живлення рослин може сприяти значному процесу інтенсифікації росту рослинних культур.

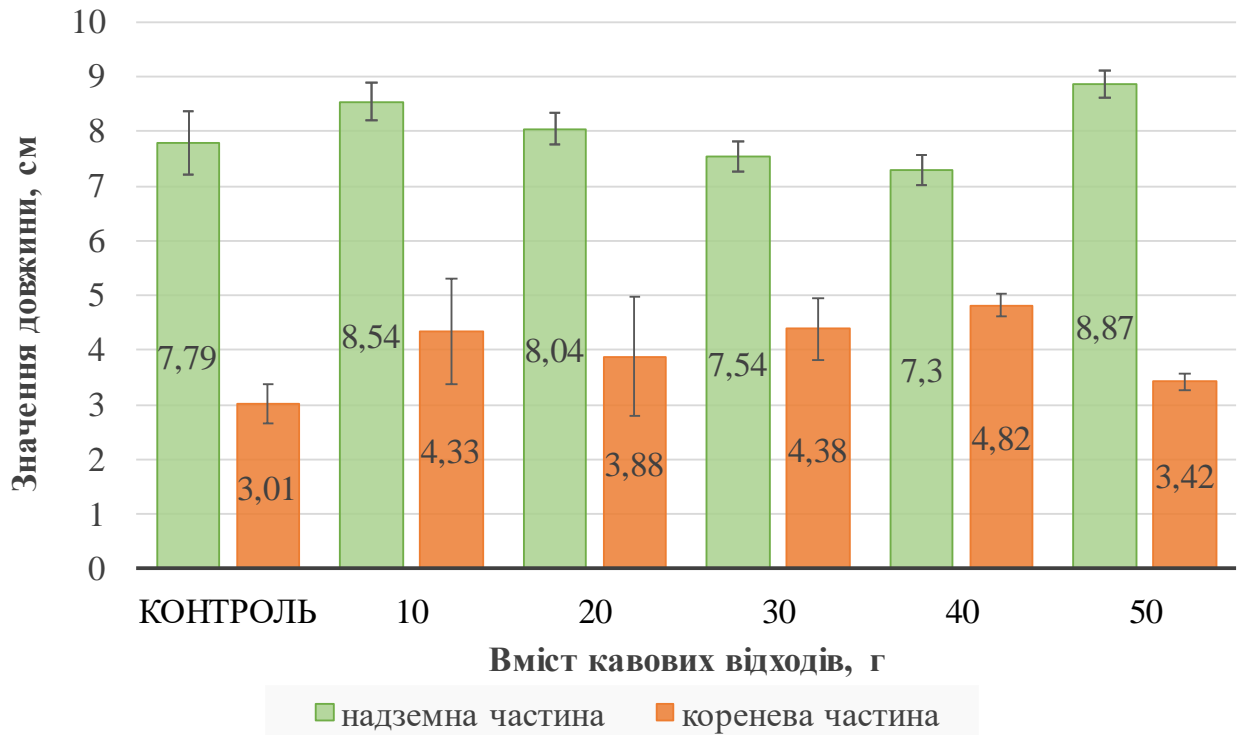


Рис. 8. Динаміка зміни ростових показників гірчиці білої (*Sinapis alba*) залежно від концентрації відходів кави у середовищі

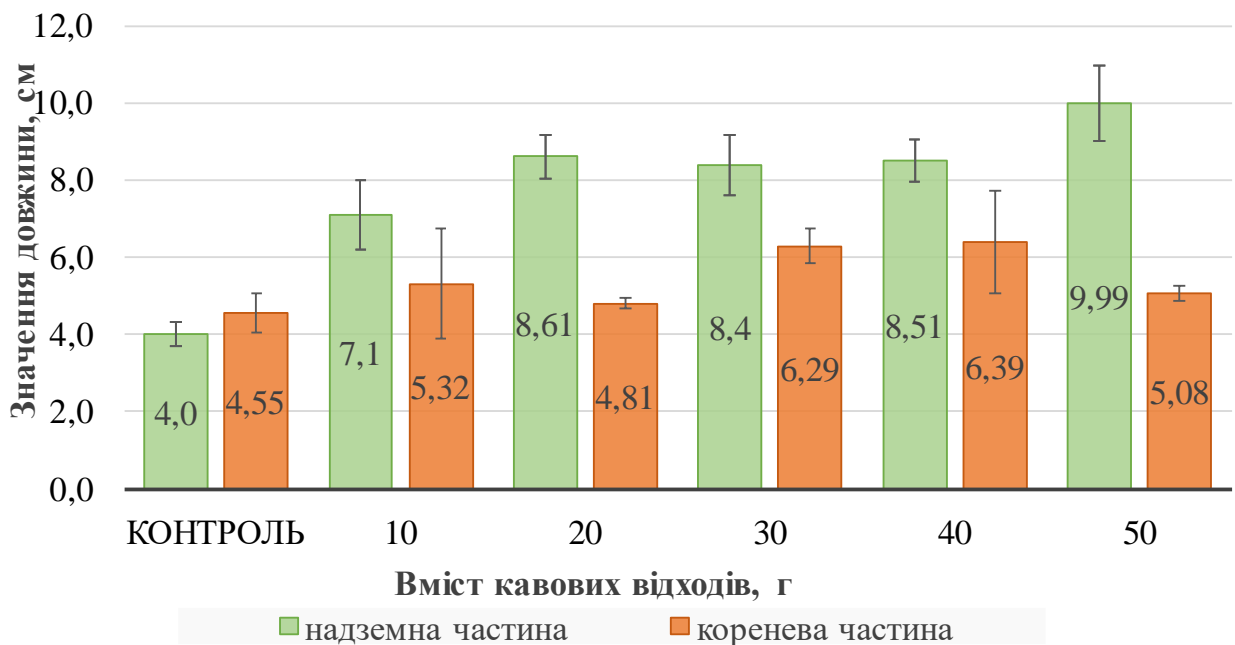


Рис. 9. Динаміка зміни ростових показників сорго трав'янистого (*Sorghum bicolor*) залежно від концентрації відходів кави у середовищі

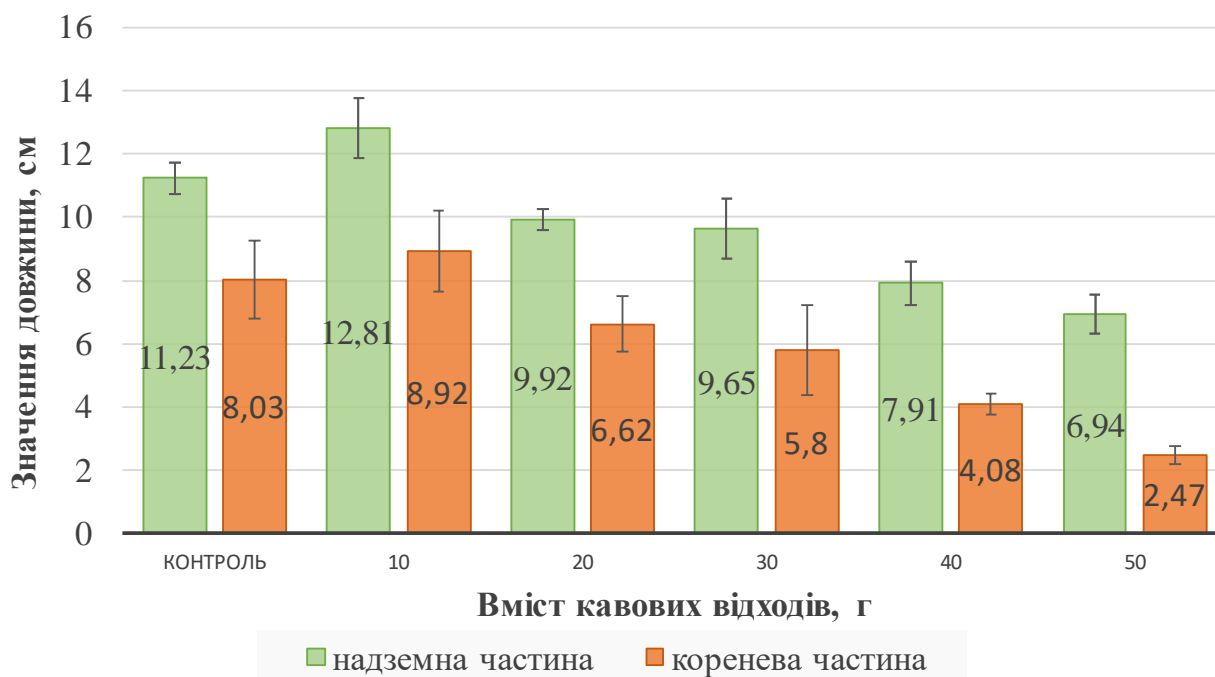


Рис. 10. Динаміка зміни ростових показників стокосола безостого (*Bromopsis inermis*) залежно від концентрації відходів кави у середовищі

**Висновки.** Дослідження впливу кавових відходів на ростові показники рослин свідчать про доцільність та ефективність використання характерного відходу в якості біодобрива у загальній системі живлення рослин.

Наукова новизна отриманих результатів пов'язана з визначенням оптимальної концентрації відходів кави в складі субстрату за якої спостерігаються найкращі показники приросту (10–15%) за біомасою, що дозволяє рекомендувати ефективні дози внесення даного відходу в якості біодобрива для фіторекультивациі деградованих земель.

Практичне значення отриманих результатів полягає у зменшенні об'ємів відходів кави, що утворюються та накопичуються за рахунок цільового використання відходу в якості біодобрива. Часткове внесення такого біодобрива покриває об'єми внесення органо-мінеральних добрив в загальній практиці фітомеліорації, що сприяє зменшенню впливу на земельні ресурси та може мати певну матеріальну цінність, оскільки відходи є безкоштовним ресурсом.

Таким чином, отримані результати лабораторного дослідження є перспективними і дають підставу рекомендувати внесення незначних концентрацій кавових відходів спільно з рослинами-сидератами для покращення характеристик ґрунтів та часткового живлення рослин органо-мінеральними речовинами в контексті відновлення земель.

#### Перелік посилань

1. Паньків, З.П. (2008). *Земельні ресурси*. Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка.
2. Черба, О.В., & Квасов, В.А. (2023). Комплексна інтегральна оцінка антропогенного впливу на навколишнє природне середовище України. *Scientific and educational dimensions of natural sciences: Scientific monograph*. Baltija Publishing, 256–273.



3. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2021 році. (2022). Міністерство екології та природних ресурсів України.
4. Бузіна, І.М. (2022). Фіторемедіаційні технології в агроландшафтних екосистемах. *Міжнародна науково-практична конференція «Перспективи виробництва біосировини енергетичних культур на рекультивованих землях»*, м. Дніпро, 23–24 червня 2022 року, 207–210.
5. Макас, А., & Крусір, Г. (2022). Утилізація відходів кавового виробництва, як необхідні заходи природоохоронних технологій. *7-й Міжнародний молодіжний конгрес «Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування»*. Львів, 10-11 лютого 2022, 180.
6. Tombarkiewicz, B., Antonkiewicz, J., Lis, M.W., Pawlak, K., Trela, M., Witkiewicz, R., & Gorczyca, O. (2022). Chemical properties of the coffee grounds and poultry eggshells mixture in terms of soil improver. *Scientific Reports*, 12(1), 2592. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-06569-x>
7. Wang, X., Wang, Y., Hu, G., Hong, D., Guo, T., Li, J., Li, Z., & Qiu, M. (2022). Review on factors affecting coffee volatiles: From seed to cup. *J. Sci. Food Agric*, 1341–1352. <https://doi.org/10.1002/jsfa.11647>
8. Горова, А.І., Павличенко, А.В., Борисовська, О.О., Грунтова, В.Ю., & Деменко, О.В. (2014). *Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт студентами напряму підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування»*. Дніпро: Національний гірничий університет.

#### ABSTRACT

**Purpose.** Study of the prospects of using coffee waste as a potential phytomeliiorant for phytoremediation technologies of degraded and polluted lands with siderate plants and justification of the optimal “soil-meliiorant” ratio, at which the maximum biomass growth rates are observed.

**The methodology** is based on the theoretical analysis of the experience of using phytoremedial measures to restore the fertility of degraded lands, the study of the problem of coffee waste formation, and laboratory biotests with cultivating plants suitable for phytoremediation on soil mixtures amended by coffee waste.

**Findings.** The effect of coffee waste of different concentrations on the growth parameters of experimental siderate plants, namely white mustard (*Sinapis alba*), sorghum (*Sorghum bicolor*) and Hungarian Brome (*Bromopsis inermis*), was investigated. The results of measurements of functional parts of plants are presented, taking into account possible errors. It was determined that the optimal concentration of adding coffee waste to the soil substrate, at which the best indicators of plant growth are observed, is 10-15% by mass. It is established that exceeding the recommended concentrations of coffee waste can suppress the growth of some plant crops due to certain sensitivity to the phytomeliiorant dose.

**The originality.** It was determined that the optimal concentration of coffee waste in the composition of the soil substrate, at which the best indicators of plant growth are observed, is 10-15% by mass, which allows us to recommend effective doses of this waste product as a biofertilizer for phytorecultivation of degraded lands.

**Practical implementation.** The proposed method of reusing coffee waste reveals a new applied direction that allows combine the utilization of a popular biological product with phytoremediation technologies and restoring the potential of degraded and contaminated lands.

**Keywords:** coffee waste, land phytoremediation, composite briquette, siderate plants.