
МЕЛІОРАЦІЯ І РОДЮЧІСТЬ ҐРУНТІВ

MELIORATION AND SOIL FERTILITY

УДК 631.62:631.8

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.142.1.32>

ПОВОЄННЕ ВІДНОВЛЕННЯ ПОРУШЕНИХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ЗЕМЕЛЬ ПІВДНЯ УКРАЇНИ З ДОПОМОГОЮ ФІТОРЕМЕДІАЦІЇ

Алмашова В.С. – к.с.-г.н.,

доцент кафедри екології та сталого розвитку імені професора Ю.В. Пулипенка,
Херсонський державний аграрно-економічний університет

В нашій статті розглядаються актуальні питання повоєнного відновлення порушених земель півдня України, які постраждали від бойових дій країни агресора. Значна роль у вирішенні цієї проблеми може належати рослинам, які відіграють головну роль в процесі фіторемедіації. Відповідно до останніх літературних даних, фітотехнології – це використання рослин для відновлення, стабілізації, контролю за забрудненими субстратами. Фіторемедіація – складова фітотехнологій, що направлена на видалення чи розкладання політантів. Фітотехнології використовують вивчені природні фізіологічні властивості зелених рослин з метою відновлення ґрунтів, забруднених важкими металами і/або органічними сполуками. Це дешеві й екологічно привабливі технології для вилучення, деградації та фіксації забруднювачів.

На сьогодні в світовій практиці охорони навколишнього природного середовища активно розвиваються економічно ефективні та екологічно безпечні технології очищення ґрунтів, які базуються на фізіологічній здатності рослин знижувати вміст ксенобіотиків шляхом їх акумуляції та деструкції – фіторемедіаційні технології. Тому виникла потреба розробити елементи технології відновлення ґрунтового середовища з допомогою сівби на пошкоджених площах сільськогосподарських земель бобові культури (горох), які з допомогою азотфіксуючих бульбашкових бактерій збільшують вміст органічних сполук у ґрунті і покращують його мікрофлору, щоб в подальшому підвищувати рівень його родючості.

Метою написання статті – це потреба розробити елементи повоєнного відновлення сільськогосподарських земель з допомогою технології фіторемедіації саме тими культурами, які підходять до нашої південної зони Степу і які дійсно виступають як реаніматори для пошкоджених ґрунтів. В статті висвітлено основні складові інноваційних підходів у забезпеченні ефективного застосування технологій фіторемедіації та фіторекультивуації для забезпечення екологічної сталості ґрунтів півдня України та земель, які постраждали від бойових дій з огляду на світовий та вітчизняний досвід та ефективні практики застосування.

Ключові слова: фіторемедіація, фіторекультивуація, гумус, родючість ґрунтів, горох, бобові культури, азотфіксуючі бактерії, біостимулятори росту, мікроелементи.

Almashova V.S. Post-war restoration of damaged agricultural lands in Southern Ukraine using phytoremediation

This article discusses the topical issues of post-war restoration of the disturbed lands of southern Ukraine, which suffered from the hostilities of the aggressor country. Plants, which play a major role in the process of phytoremediation, can play a significant role in solving this problem. According to the latest literature, phytotechnology is the use of plants to restore, stabilize, and

control contaminated substrates. Phytoremediation is a component of phytotechnology aimed at removing or decomposing pollutants. Phytotechnologies use the studied natural physiological properties of green plants to remediate soils contaminated with heavy metals and/or organic compounds. These are cheap and environmentally friendly technologies for the extraction, degradation and fixation of pollutants.

Today, cost-effective and environmentally friendly soil treatment technologies based on the physiological ability of plants to reduce the content of xenobiotics through their accumulation and degradation – phytoremediation technologies – are being actively developed in the global environmental protection practice. Therefore, there is a need to develop elements of the technology for restoring the soil environment by sowing legumes (peas) on damaged areas of agricultural land, which, with the help of nitrogen-fixing bubble bacteria, increase the content of organic compounds in the soil and improve its microflora in order to further increase its fertility.

The purpose of the article is to develop elements of post-war restoration of agricultural land using phytoremediation technology with crops that are suitable for our southern Steppe zone and that really act as resuscitators for damaged soils. The article highlights the main components of innovative approaches to ensuring the effective use of phytoremediation and phytoremediation technologies to ensure the environmental sustainability of soils in southern Ukraine and lands affected by hostilities, taking into account international and domestic experience and effective application practices.

Key words: phytoremediation, phytoremediation, humus, soil fertility, peas, legumes, nitrogen-fixing bacteria, growth biostimulants, microelements.

Постановка проблеми. В нашій статті розглядаються актуальні питання відновлення після військової агресії ґрунтів півдня України, що зазнали часткової деградації від вибухів та бойових зіткнень. Війна наносить ґрунтам України шкоду, яка матиме довготривалий характер. Велика територія земель буде непридатною для використання через величезну кількість вирв, тонн металобрухту і сміття, забруднення важкими металами та хімічними речовинами [5,7 с. 48]. Забруднений ґрунт можна поступово відновити, висіваючи культури, які мають високий винос забруднювача і бажано значну біомасу. Наприклад, бобові витягують з ґрунту чимало свинцю, кадмію, міді та цинку, їх можна задіювати для фіторе mediaції ґрунтового середовища, ще й збагачуючи ґрунти азотом після збирання врожаю. Тому нині вкрай нагальним завданням у повоєнний час є відновлення та покращення якісного складу ґрунтів півдня України [4, с. 112].

Насторожує безупинне зниження родючості ґрунтів, викликане воєнними діями на теренах нашої країни. На жаль, вибухові снаряди порушили поверхневий шар земель у зоні бойових дій, забруднюючи ґрунтове середовище хімічними сполуками та важкими металами. Виникли серйозні труднощі з поповненням біоенергетичного потенціалу ґрунтів. Сукупні втрати гумусу у світі з ґрунтів і без того до повномасштабного вторгнення щороку сягали 32 млн. т., а еколого-економічні збитки перевищували 9,1 млрд. грн. Тому надзвичайно важливо звернути увагу вже сьогодні на цю проблему та, використовуючи сучасні біологічні технології рекультивції земель, в майбутньому розширити посівні площі рослин, здатних до фіторе mediaції, щоб відновити ґрунтове середовище та покращити їхній стан [1, 10, с. 140].

Мета роботи полягала у дослідженні того, що використання бобових культур у повоєнний період для фіторе mediaції пошкоджених внаслідок бойових дій ґрунтів зумовлює відновлення та стабілізацію родючості ґрунтового середовища. Рослини, рекомендовані для фіторе mediaції, повинні мати такі характеристики:

1. Здатність накопичувати метали переважно у надземних органах.
2. Стійкістю до металу, що накопичується.
3. Швидкими темпами зростання та великою біомасою.

4. Висока здатність відростання після скошування.

Одним з ключових завдань при розробці фіторе mediaційних технологій є виявлення місцевих видів рослин, здатних виживати на забруднених ґрунтах та накопичувати значні обсяги забруднюючих речовин.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Згідно з визначенням науковця В. О. Алексєєнка, великі геохімічні системи є стабільними, якщо концентрація хімічних елементів в них наближається до кларку. Ландшафти всіх урбанізованих територій незмінно демонструють певну аномальність, яка переважно є неоднорідною та розподіляється на ряд менших аномалій, пов'язаних з сучасними або колишніми джерелами викидів хімічних елементів [2, с. 83].

Ґрунти урбанізованих територій характеризуються набагато більшою мінливістю хімічного складу, ніж ґрунти сільськогосподарського призначення, оскільки до природної варіабельності додаються інтенсивні потоки міграції, зумовлені атмосферним осадженням, наявністю твердої міської поверхні та виділенням відходів.

Активно перерозподіляються в профілі такі елементи, як As, Ba, Cd, Cr, Cu, Ga, Ge, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Sn, W, Y та Zn. Дослідження Г. А. Гармаш в зоні впливу металургійних підприємств продемонстрували, що криві розподілу валового вмісту та рухомих форм важких металів у профілі забруднених ґрунтів суттєво відрізняються від незабруднених аналогів, що можна описати як техногенно-аккумулятивний тип розподілу [7, с. 40].

Дослідники міграції важких металів наголошують, що ґрунт не лише служить середовищем для вирощування рослин та резервуаром для зберігання відходів, а й є потужним джерелом надходження численних забруднювальних речовин до поверхневих і підземних вод, атмосфери та продуктів харчування, які споживає людина. Відомо, що реакція середовища має прямий вплив на рухливість хімічних елементів. В кислому середовищі більшість катіоногенних елементів (Cd, Hg, Pb, Ni, Co, Mn, Zn, Cu та інші) легко переміщується, а збільшення рН призводить до суттєвого зменшення інтенсивності процесів міграції, що зумовлено формуванням малорозчинних сполук цих елементів. Завдяки цій особливості стає можливим прогнозування появи осередків найбільшої небезпеки міграції потенційних токсикантів до джерел водопостачання в межах міста [9, 12 с. 34].

Вплив окисно-відновних умов на міграцію важких металів та необхідність фіторе mediaції. Одним з ключових факторів, що впливають на міграцію важких металів у ґрунті, є окисно-відновне середовище. Важкі метали потрапляють до ґрунту з різних джерел, таких як викиди промислових підприємств та транспорту, стічні води, відходи промисловості, побутове сміття, мінеральні добрива та пестициди.

Дана робота була присвячена вивченню можливостей використання бобових культур як фітомеліорантів ґрунтового середовища для фіторе mediaції земель, пошкоджених внаслідок бойових дій на півдні України.

Дослідження показали, що для ефективної фіторе mediaції ґрунтів на території Степу України після завершення воєнних дій аграріям необхідно збільшити частку вирощування бобових та зернобобових культур.

Військові дії завдають серйозної шкоди родючості ґрунтів. Вибухові прилади призводять до порушення поверхневого шару ґрунту, забруднення його хімічними сполуками та важкими металами. Це створює значні проблеми з відновленням біоенергетичного потенціалу ґрунтів.

За даними досліджень, щорічні втрати гумусу з ґрунту у світі до повномасштабного вторгнення становили 32 млн тонн, а еколого-економічні збитки перевищували 9,1 млрд грн.

Результати досліджень підкреслюють необхідність негайних заходів щодо відновлення родючості ґрунту за допомогою сучасних біологічних технологій рекультивації земель та розширення посівних площ рослин, здатних до фітореMediaції.

Виклад основного матеріалу досліджень. Матеріали, які викладені в даній роботі є результатами проведених досліджень та вказують на необхідність вирощування саме тих рослин, які здатні до фітореMediaції. Згідно проведених досліджень встановлено, що темпи деградації ґрунтового середовища через ведення бойових дій на території півдня України прискорюються, тому першочергово у післявоєнний час слід займатися відновленням та стабілізацією родючості ґрунтів. Завдання досліджень були наступні:

1. Оцінити сучасний стан земельних ресурсів України за показниками родючості.
2. Дослідити вплив вирощування бобових культур на території півдня України на родючість ґрунту та їх здатність до фітореMediaції.
3. Провести аналіз ґрунту на вміст гумусу та NPK за варіантами досліді після збирання гороху для визначення його вмісту.
4. Надати рекомендації щодо використання бобових у технології повоєнної фітореMediaції ґрунтів степової зони України.

Процес впливу використання сидеральних культур (на прикладі бобових) на якісний стан родючості ґрунтів півдня України. Досліди проводились в польовій сівозміні «Херсонського державного аграрно-економічного університету» протягом 2017 року. Використовувались темно-каштанові ґрунти, характерні для даної території, з невеликим гумусовим горизонтом (25–30 см), малим вмістом гумусу (1,7–1,9%) та слабкою грудкуватою структурою. Проводилось спостереження за фенологічними фазами гороху, аналіз рослинних зразків та ґрунту.

Схема досліді:

* Фактор А: Передпосівна обробка насіння гороху: контроль (N30P40), обробка бором, молібденом, і комбінація обох мікроелементів.

* Фактор В: Строки сівби: ранній строк (ІІІ декада березня) та пізній строк (І декада квітня).

* Визначення вмісту гумусу та NPK в ґрунті за загальноприйнятими методиками.

* Визначення кількості гумусу методом Тюріна.

Використання парових ділянок без рослин та ділянок з ячменем ярим (культурою, яка не здатна до азотфіксації) дозволило порівняти вміст гумусу та рухомих форм NPK в ґрунті.

Результати досліджень допоможуть визначити ефективність використання бобових культур для відновлення родючості ґрунтів півдня України, особливо в контексті повоєнного відновлення.

Мета дослідження – провести оцінку сучасного стану земельних ресурсів України за показниками родючості та дослідити потенціал використання бобових культур в технології фітореMediaції ґрунтів. Об'єкт дослідження – вплив сидеральних культур, зокрема бобових, на якісний стан родючості ґрунтів півдня України в контексті змін клімату.

Дослідження проводились на території Херсонського державного аграрно-економічного університету на темно-каштанових ґрунтах, які характерні для даної

місцевості. Використовувались методи фенологічних спостережень, аналізу рослинних зразків та ґрунту за загальноприйнятими методиками.

Схема досліду:

Фактор А: Передпосівна обробка насіння гороху (контроль, обробка бором, обробка молібденом, обробка бором і молібденом).

Фактор В: Строки сівби (ранній строк – III декада березня, пізній строк – I декада квітня).

Було проведено аналіз ґрунту на вміст гумусу та НРК після збирання гороху методом Тюріну. Для порівняння, також досліджувались парові ділянки без рослин і ділянки, засіяні ячменем ярим, культурою, яка не здатна до азотфікації.

Дослідження проводились за схемою:

I. Фактор А. Передпосівна обробка насіння гороху:

1. $N_{30}P_{40}$ – фон.
2. Фон + обробка насіння бором.
3. Фон + обробка насіння молібденом.
4. Фон + обробка насіння бором і молібденом.

II Фактор В. Строки сівби:

1. Ранній строк – III декада березня.
2. Пізній строк – I декада квітня.

До основних властивостей, що визначають рівень адаптивності гороху, належать: тип росту стебла, дружнє досягання, стійкість до осипання, потенціальна врожайність [2,3 с. 62]. Такими властивостями володіє обраний нами для досліджень сорт «Альфа» гороху овочевого.

В ході досліджень після збору врожаю проводився аналіз ґрунту на вміст гумусу та поживних елементів (азоту, фосфору, калію) за загальноприйнятими методами. Кількість гумусу визначали методом Тюріна, який базується на окисленні карбону гумусу сумішшю біхромату калію та сірчаної кислоти. Для порівняльного аналізу в дослідній ділянці були виділені контрольні варіанти: парові ділянки без рослинності та ділянки, засіяні ячменем ярим як культурою, яка не здатна до азотфікації. Це дозволило встановити базовий рівень вмісту гумусу та рухомих форм поживних елементів у ґрунті.

Головною метою дослідження було вивчення впливу обробки насіння гороху овочевого борними та молібденовими добривами перед сівбою на зміну вмісту гумусу в темно-каштанових ґрунтах півдня України. Дослідження також охоплювало аналіз впливу строків сівби на цей процес, враховуючи його вплив на активність бульбочкових бактерій, що беруть участь у формуванні органічних сполук в ґрунті. Встановлено, що внесення азотно-фосфорних мінеральних добрив на темно-каштанових середньосуглинкових ґрунтах сприяє інтенсивнішому утворенню бульбочок на коренях гороху овочевого, збільшенню їх маси та накопиченню хлорофілу в листках.

Використання мінеральних добрив значно підвищує врожайність зелених бобів і покращує якість зеленого горошку за рахунок збільшення вмісту цукрів та зниження крохмалю, що позитивно впливає на якість консервованої продукції.

Отримані результати свідчать про те, що найбільша кількість гумусу в орному шарі ґрунту після збирання гороху овочевого спостерігається при внесенні $N_{30}P_{40}$ та обробці насіння бором і молібденом сумісно.

З метою відновлення деградованих земель у степовій зоні України в післявоєнний період пропонується використовувати технологію фітореMediaції. Для відновлення ґрунтового середовища та мікробіоти, які постраждали внаслідок

військових дій, рекомендується вирощування гороху овочевого з додаванням мікробіологічних препаратів, оскільки їхнє сумісне застосування значно впливає на накопичення гумусу.

Ефективність фітормедіації бобовими культурами, зокрема горохом, обумовлена здатністю бульбачкових бактерій, що мешкають у ґрунті після збирання рослин, до біоаккумуляції. При розкладанні ці бактерії перетворюються на гумус, сприяючи відновленню мікрофлори ґрунту.

Враховуючи значні пошкодження ґрунтового середовища внаслідок військових дій, пропонується використання гороху у поєднанні з мікробіологічними препаратами для його рекультивації. Оскільки мікробіота ґрунту також зазнає негативного впливу воєнних дій, застосування таких препаратів може мінімізувати надходження важких металів до рослин. Це дозволить культурам нормально рости та розвиватися, а також утримати рівень забруднення врожаю на допустимому рівні. Забруднення земель є серйозною екологічною проблемою, яка вимагає комплексного підходу до вирішення.

Вигорання полів призводить до порушення мікрофлори верхнього шару ґрунту. Внесення мікробіологічних препаратів може сприяти відновленню цієї мікрофлори, а також прискорити деградацію паливо-мастильних речовин у забруднених ґрунтах завдяки дії певних мікроорганізмів.

Бобові культури, зокрема горох, володіють особливою здатністю до ризофільтрації. Ця властивість полягає у створенні навколо кореневої системи мікросередовища, яке сприяє концентрації та проникненню речовин у рослину.

Вирощування бобових культур має ряд переваг:

1. Економічна доступність: ризофільтрація є відносно дешевим методом.
2. Широке використання: можна використовувати розповсюджені види рослин.
3. Екологічна ефективність: після збирання врожаю залишаються азотофіксуючі кореневі бульбочки, які збагачують ґрунт органічними рештками, підвищують гумус та покращують його якісний склад.

Таким чином, рослини бобових культур відіграють важливу роль не тільки як джерело їжі та сировини, але й як фітормедіанти, які беруть активну участь у підтримці екологічного балансу шляхом збільшення мікробіоти в ґрунті та відновлення його родючості. Збільшення посівних площ під бобові культури, зокрема горохом, може стати ефективним методом відновлення деградованих земель на території півдня України у повоєнному відновленні порушених ґрунтів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Almashova V., Skok, S., Breus, D. Assessment of the Effect of Biological Growth-Regulating Preparations on the Yield of Agricultural Crops under the Conditions of Steppe Zone. 2023. *Journal of Ecological Engineering*. Vol. 24, № 7, P. 135–144.
2. Almashova Viktoria, Breus Denys, Olifirenko Vitalii. 2024. Influence of the Studied Factors on the Yield, Structure and Quality Indicators of Vegetable Peas under the Conditions the South of Ukraine. *Journal of Ecological Engineering*, <https://www.google.com/search?client=firefox>
3. Gamayunova V.V., Almashova V.S., Onyshchenko S.O. 2017. Agrobiological substantiation of the technology of growing vegetable peas in the conditions of southern Ukraine: monograph. Ailant, 2017. DOI: <https://dspace.ksaeu.kherson.ua/bitstream/handle/>
4. Заїменко Н.В., Дідик Н.П., Елланська Н.Е., Іваницька Б.О., Павлюченко Н.А., Рахметов Д.Б., Харитонов І.П. Впровадження новітньої технології хімічної та фітомеліорації кислих і засолених ґрунтів. *Nauka innovation*. 2016. Вип. 12 (1). С. 66–77.

5. Іванків М.Я. Особливості міграції та акумуляції хлорорганічних пестицидів у системі «грунт – рослина» в умовах Західного Лісостепу України. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук за спеціальністю 03.00.16 – екологія. Львів: Львівський національний аграрний університет. 2016. 177 с.
 6. Калитка В. В., Капоніс М. В. Вплив регуляторів росту рослин і біопрепаратів на продуктивність гороху посівного (*Pisum sativum* L.) в умовах південного Степу України. Науковий вісник НУБіП України. Серія Агрономія. 2015. № 210. С. 38–46.
 7. Мурач О. М. Формування симбіотичного апарату гороху за впливу бактеріальних препаратів, мікроелементів і стимулятора росту. О. М. Мурач, В. В. Волкогон. Агроекол. журн. 2014. № 4. С. 55–59.
 8. Надточій П. П. Екологія ґрунту: монографія. П. П. Надточій, Т. М. Мислива, Ф. В. Вольвач. Житомир: ПП Рута, 2010. 473 с.
 9. Оксьом В. П. Повернути горох у сівозміну. В. П. Оксьом, В. В. Вакуленко. Насінництво. 2016. № 1/3. С. 15–16.
 10. Онищенко С. О., Алмашова В. С., Ковшакова Т. С. Екологічна оцінка моніторингу видового складу регульованих шкідливих організмів та оцінка порога шкодочинності для сільськогосподарської продукції Херсонської області. Таврійський науковий вісник. Херсон: Гельветика. 2020. № 112. С. 270–274.
 11. Петрук В.Г., Васильківський І.В., Іщенко В.А., Петрук Р.В., Турчик П.М. Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище. Частина 1. Нормування інгредієнтного забруднення: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2013. 253 с.
 12. Сухарев С. М., Чундак С. Ю., Сухарева О. Ю. Основи екології та охорони довкілля. навч. посіб. для студентів вищих навч. закладів. К.: Центр навчання і літератури, 2006. 394 с.
-