

УДК 631.4:633.2

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.1.15>

## ЗНАЧЕННЯ БАГАТОРІЧНИХ БОБОВИХ ТРАВ У ПОКРАЩЕННІ РОДЮЧОСТІ ҐРУНТУ

**Гангур В.В.** – д.с.-г.н., с.н.с.,

Полтавський державний аграрний університет,

[orcid.org/0000-0002-5619-492X](https://orcid.org/0000-0002-5619-492X)

**Водяник О.В.** – аспірант кафедри землеробства і агрохімії ім. В. І. Сазанова,

Полтавський державний аграрний університет

[orcid.org/0009-0005-1876-3887](https://orcid.org/0009-0005-1876-3887)

У роботі проведено комплексний аналіз та систематизацію результатів наукових досліджень щодо впливу багаторічних бобових трав на формування показників родючості ґрунтів та їх ефективність як попередників інших культур у сівозміні. Встановлено, що багаторічні бобові трави є фундаментальним чинником біологізації землеробства. За результатами літературних джерел як вітчизняних, так іноземних авторів відзначено, що азотфіксуючий потенціал культур варіює в межах від 50 до 450 кг/га азоту на рік. Зокрема, лідерами за накопиченням біологічного азоту є козлятник східний (до 280 кг/га) та еспарцет піщаний (230 кг/га). Доведено, що післядія бобових трав забезпечує надходження у ґрунт 150–200 кг/га біологічного азоту з пожнивно-кореновими рештками, що за агрономічною цінністю еквівалентно внесенню 40 т/га гною. Особливу увагу приділено трансформації агрофізичних властивостей ґрунту. Багаторічні трави виступають потужним фактором структуроутворення: вже у перший рік вегетації коефіцієнт структурності підвищується в 1,5–2,7 рази, а частка агрономічно цінних агрегатів підвищується на 6–13 %. Потужна коренева система сприяє природному розуцільненню ґрунтового профілю та формуванню стійкої системи біопор, що покращує вологемність, аерацію та загальну пористість ґрунту. Відзначено позитивний вплив трав на вміст органічної речовини, зокрема за трирічний період вирощування люцерни вміст гумусу зростає на 0,4 %, а показник рН зміщується в бік нейтрального значення. Встановлено, що багаторічні трави є бажаним попередником для більшості сільськогосподарських культур у сівозмінах та забезпечують істотне збільшення врожайності як озимих зернових, так і просяних культур. Таким чином, введення багаторічних бобових трав у сучасні сівозміни є стратегічним інструментом покращення родючості ґрунтів та управління продуктивністю польових культур.

**Ключові слова:** біологічна азотфіксація, гумус, агрофізичні властивості, структура ґрунту, врожайність, сівозміна.

**Hanhur V.V., Vodianyk O.V. The importance of perennial legumes in improving soil fertility**

The study provides a complex analysis of scientific researches results on the effect of perennial legumes grasses on soil fertility and their effectiveness as precursors in crop rotation. It has been established that cultivation of perennial leguminous grasses is fundamental factor in the biologization of agriculture due to their ability to perform intensive symbiotic nitrogen fixation. According to the results of literary sources, it has been noted that its nitrogen-fixing potential varies from 50 to 45 kg/ha. In particular, the leaders in biological nitrogen accumulation are **Eastern Galega** (280 kg/ha) and **Sand Sainfoin** (230 kg/ha). The aftereffect of perennial leguminous grasses provides 150–200 kg/ha of biological nitrogen to the soil with post-harvest root residues, which is equivalent to applying 40 t/ha of manure. Particular attention is focused on the transformation of the agro-physical properties of soil. Perennial legumes grasses play a significant role in soil structure formation. Thus, in the first year of their cultivation the soil structure coefficient increases by 1.5–2.7 times, and the proportion of agronomically valuable



© Гангур В.В., Водяник О.В., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

*aggregates increases by 6–13 %. Their root system promotes natural soil compaction and formation of a stable system of biopores, which improves moisture absorption, aeration, and overall soil porosity. Perennial legumes grasses have a positive effect on organic matter content. Over three-year period of alfalfa cultivation, humus content increases by 0.4 % and the pH shifts toward neutral. It has been established that perennial legumes grasses are a desirable precursor for most crops in crop rotations. Their cultivation ensures a significant increase in the yield of both winter cereals and row crops. Thus, the introduction of perennial legumes in crop rotations is a strategic method for improving soil fertility and increase crop yield.*

**Key words:** *biological nitrogen fixation, humus, agrophysical properties, soil structure, yield, crop rotation.*

**Актуальність теми дослідження.** Відтворення й підвищення родючого потенціалу ґрунтів є одним із ключових завдань сталого землеробства, адже саме вміст елементів живлення, агрофізичний стан ґрунту визначають рівень урожайності та якість продукції сільськогосподарських культур. Процес відтворення родючості передбачає поєднання комплексу агротехнічних прийомів, зокрема і впровадження посівів багаторічних трав.

Багаторічні бобові трави посідають важливе місце в системі агротехнічних заходів, спрямованих на підвищення родючості ґрунтів. Вони здатні фіксувати атмосферний азот, формувати значну біомасу та збагачувати нею ґрунт, що сприяє покращенню структури ґрунту і забезпеченню його поживними речовинами, а також підвищенню продуктивності сівозмін [1, с. 182]. Тому, узагальнення та систематизація сучасних експериментальних даних щодо ролі багаторічних бобових трав у формуванні, відтворенні та підвищенні родючості ґрунту, а також впливу на врожайність наступних культур у сівозміні є актуальним.

**Аналіз світових досягнень у галузі біологічної азотфіксації бобових культур.** За узагальненими результатами досліджень вітчизняних наукових установ встановлено, що азотфіксуючий потенціал найбільш поширених багаторічних бобових трав становить: люцерни посівної – 210 кг/га, еспарцету піщаного – 230 кг/га, лядвенцю рогатого – 140 кг/га, буркуну білого – 200 кг/га, а козлятнику східного – до 280 кг/га [2, с. 114].

За даними Н. Я. Гетмана [3, с. 121.] посіви люцерни за період вегетації здатні фіксувати 150–200 кг азоту, і тим самим забезпечувати власні потреби в цьому елементі живлення на 30–70 %. В інших дослідженнях річна фіксація азоту може сягати 50–450 кг/га і близько 30–80 % його обсягу споживається рослинами [4, с. 84].

Дослідженнями проведеними в умовах Лісостепу Правобережного виявлено, що за оптимальних умов вегетації багаторічні бобові трави забезпечують біологічну фіксацію 500–800 кг/га атмосферного азоту. Після збирання врожаю вони залишають у ґрунті з кореневими та поживними рештками біля 150–200 кг/га азоту, що за своєю ефективністю еквівалентно внесенню 40 т/га напівперепрілого гною. У різі внесення під конюшину фосфорно-калійних добрив  $P_{60}K_{90}$  обсяги біологічної азотфіксації азоту її посівами сягають 128–136 кг/га, а частка біологічно-фіксованого азоту у формуванні врожаю становить 66–67 % [5, с. 37].

Дослідження Peoples та Baldock [6, с. 345], що були проведені в різних агро-екологічних зонах Австралії та Північної Америки, свідчать про дуже широкий діапазон рівнів біологічної фіксації азоту, який становив від 4 до 284 кг/га. Водночас у посівах травосумішей (злаково-люцернових компонентів) на землях Північної Америки, за даними McCaughey та Chen [7, с. 110], показники біологічного зв'язування атмосферного азоту були більш стабільними і варіювали в межах

70–250 кг/га. У специфічних умовах басейну річки Міссісіпі посіви люцерни акумулювати в середньому 152 кг/га біологічного азоту.

Важливим чинником ефективності симбіотичної азотфіксації є вік травостоїв. Так, експерименти Беріті із співавторами [8, с. 253–254], які були проведені на сході Канади засвідчили поступове зростання продуктивності азотфіксації, зокрема впродовж першого року вона була порівняно низькою і становила 93 кг/га, що зумовлено адаптивним азотним стресом на етапі формування симбіотичних зв'язків. На другий рік життя посівами культури вже було фіксовано 258 кг/га біологічного азоту, або в 2,8 раза більше, а на третій – 227 кг/га. Подібну тенденцію із нарощування інтенсивності біологічної фіксації атмосферного азоту спостерігали у західних регіонах Канади [9, с. 9], де показник його продуктивності зріс із 174 кг/га у перший рік до 466 кг/га у третій рік вегетації. Це свідчить про те, що максимум симбіотичної азотфіксації припадає на період повного морфологічного розвитку кореневої системи та активного функціонування бульбочкових бактерій.

Науковими дослідженнями доведено, що інтенсивність відчуження надземної біомаси (частота укосів) також має безпосередні кореляційні зв'язки з обсягами фіксації азоту. Так, виявлено, що за помірною клімату (Міннесота, США), за проведення двох–шести укосів на рік люцерна фіксує 120–250 кг/га азоту [10, с. 75]. Водночас у субтропічних умовах (Аргентина), за інтенсивного використання травостою (до семи укосів на рік) обсяги фіксації біологічного азоту сягають максимальних значень – від 200 до 650 кг/га [11, с. 71].

В. Ф. Петриченко із співавторами [12, с. 134] прийшли до висновку, що технологія вирощування багаторічних бобових трав має базуватися на створенні сприятливого агроекологічного середовища, бо лише завдяки цьому можна домогтися ефективного функціонування симбіотичного апарату бульбочкових бактерій та рослини-господаря. Вони стверджують, що за умови оптимізації агротехнічних прийомів, сумарний обсяг азотфіксації за трирічний період вегетації може сягати: для люцерни – 500–600 кг/га, конюшини – 250–300 кг/га, лядвенцю – 200–250 кг/га. Важливою перевагою цих багаторічних бобових трав є те, що близько третини фіксованого атмосферного азоту (80–200 кг/га) збагачує ґрунт у складі поживно-корневих решток. При цьому коефіцієнт використання біологічного азоту наступними культурами у сівозміні досягає 100 %, що істотно перевищує ефективність засвоюваності мінеральних азотних добрив, яка становить лише 40–60 %.

Таким чином, вище приведені результати досліджень свідчать про те, що багаторічні бобові трави здатні природним шляхом забезпечувати значну частку потреби наступних культур у азоті, завдяки процесам біологічної його фіксації. Позитивним аспектом цього є істотне зменшення залежності сільськогосподарських підприємств від синтетичних азотних добрив, що не лише зумовлює зниження виробничих витрат, а й сприяє підвищенню екологічної стійкості землеробства та зменшенню антропогенного навантаження на ґрунт і довкілля.

**Вплив багаторічних бобових трав на родючість ґрунту.** В умовах сьогодення, за відсутності органічних добрив тваринного походження, важливу роль у збагаченні ґрунту органічною речовиною можуть відігравати багаторічні бобові трави. Варто відзначити, що показник маси рослинних решток, що накопичуються в ґрунті після багаторічних бобових трав, варіює залежно від їхніх видових біологічних особливостей та тривалості сезонів використання травостою. У процесі подальшої гуміфікації та мінералізації ця органічна маса трансформується у доступні форми елементів мінерального живлення [13]. Так, експериментальні дослідження проведені на дослідному полі Інституту сільського господарства

Північного Сходу НААН свідчать, що урожайність еспарцету та люцерни в умовах польової сівозміни за однорічного використання за кормовою (перший укіс на зелений корм, а отава другого укосу на сидерат) та сидеральною схемою використання (на сидерат повноцінний перший укіс) становила відповідно 24,5 і 23,9 та 19,3 та 18,5 т/га. Встановлено, що після багаторічних бобових трав (еспарцет, люцерна), залежно від схеми використання, у ґрунт надходить 23–30 т/га рослинної маси, що рівноцінно внесенню  $N_{43-57}$ ,  $P_{14-18}$  та  $K_{60-78}$  [14, с. 86].

Дослідження Н. Я. Гетмана, Г. П. Квітко (2013) свідчать про істотне покращення агрохімічних показників сірого лісового ґрунту за трирічного вирощування багаторічних бобових трав. Зокрема, після люцерни посівної вміст гумусу збільшився з 2,3 % до 2,7 %, а кислотність ґрунтового розчину знизилася (рН зріс з 4,6 до 5,4). Вміст рухомих сполук фосфору досяг 15,5 мг/100 г ґрунту, або підвищився відносно контролю на 10,7 %. Ще більш виражений позитивний вплив спостерігали після еспарцету піщаного та лядвенцю рогатого, де вміст гумусу в ґрунті зріс до 2,8 %, показник рН змістився в бік нейтрального (5,4 та 5,9 відповідно), а вміст фосфору збільшився до 17–18 мг/100 г ґрунту.

Експериментальні дані, які одержано в умовах Правобережного Лісостепу України демонструють, що вирощування козлятнику східного впродовж трьох років забезпечує істотне поповнення запасів органічної речовини та елементів мінерального живлення у ґрунті. Відзначено нагромадження сухих кореневих решток в обсязі 7,72–12,82 т/га. Аналіз хімічного складу корневих залишків засвідчив високий вміст основних елементів живлення: азоту – 2,18–2,58 %, фосфору – 0,57–0,66 % та калію – 0,38–0,51 %. Загалом за три роки використання травостою культури у ґрунті акумулюється значна кількість біогенних елементів, зокрема 167,9–331 кг/га азоту, 43,8–84,7 кг/га фосфору та 29,4–63,8 кг/га калію [16, с. 116].

Унікальною культурою, особливо з огляду на її здатність рости на бідних та еродованих ґрунтах, де інші бобові можуть бути менш ефективними, є буркун. Завдяки потужній та глибоко проникаючій кореневій системі, він здатний формувати значну органічну масу – до 12 т/га сухої речовини корневих залишків. Зазначений обсяг біомаси виступає потужним джерелом органічного азоту, кількість якого може сягати 200–250 кг/га [17, с. 86]. Аналогічні результати досліджень одержано В. Ф. Петриченком (2008) із співавторами за дворічного вирощування буркуну.

Дослідженнями В. Г. Кургака ([2010]) встановлено, що коренева система конюшини лучної містить 2,79 % азоту в розрахунку на суху речовину, що істотно перевищує аналогічні показники у злакових багаторічних трав (1,47–1,57 %). Вузьке співвідношення вуглецю до азоту (C:N) у біомасі конюшини лучної (15–20:1) сприяє інтенсифікації процесів мінералізації органічної речовини дернини після її заорювання у ґрунт.

Таким чином потужна біомаса надземної і підземної частин багаторічних бобових трав, оптимальне співвідношення в ній C:N та кореневі екзометаболіти сприяють інтенсивному гумусоутворенню й стабілізації органічного вуглецю в ґрунті.

**Поліпшення фізичних властивостей ґрунту за вирощування багаторічних бобових трав.** Деградація ґрунтів належить до найбільш гострих екологічних проблем кінця ХХ–початку ХХІ століття. Цей процес охоплює близько 24 % загальної площі світового суходолу, що еквівалентно майже 35 млн км<sup>2</sup> [19, с. 10988]. Деградація ґрунтів супроводжується погіршенням їхніх фізичних, хімічних та біологічних властивостей, що призводить до істотного обмеження потенційної

продуктивності сільськогосподарських культур. Застосування традиційної відвальної оранки в сучасних агротехнологіях призвело до того, що інтенсивність ерозійних процесів у світовому масштабі в десятки та сотні разів випереджає темпи природного ґрунтоутворення [20, с. 13272]. Згідно з оцінками фахівців, щорічні втрати верхнього родючого шару ґрунту із сільськогосподарських угідь внаслідок ерозійних процесів сягають у глобальному масштабі біля 75 млрд т. При цьому майже 80% площ піддаються ерозійному впливу різного ступеня інтенсивності – від помірного до сильного [21, с. 460].

Багаторічні культури відіграють ключову роль у формуванні водостійких ґрунтових агрегатів, що є фундаментом для підтримки оптимальних фізичних властивостей ґрунту та стабільного функціонування агрофітоценозів. Стійкі до руйнування агрегати покращують здатність ґрунту накопичувати органічний вуглець і запобігають деградації його структури [22, с. 997].

Багаторічні трави є потужним чинником структурування ґрунту, що підтверджується тривалими польовими експериментами. Порівняно з однорічними культурами та чистим паром, вони забезпечують формування стабільнішої макроструктури. За даними Гхоша із співавторами (2009), встановлено, що вирощування багаторічних трав впродовж 15-ти років призвело до збільшення середнього діаметра ґрунтових агрегатів на 70 % порівняно з контролем (інтенсивний механічний обробіток). Отримані дані свідчать про значне покращення показників агрегації та зростання кількості водотривких фракцій у структурі ґрунту. Дослідження Боніна та Лала (2012) свідчать, що у ґрунтах під посівами проса прутоподібного (*Panicum virgatum L.*) та плантаціями багаторічної верби частка великих макроагрегатів була на 50 % вищою, а кількість дрібних мікроагрегатів навпаки нижчою, відносно варіанту із вирощуванням кукурудзи. Це свідчить про те, що кореневі виділення багаторічних культур утворюють полісахариди і гломалін, які «склеюють» дрібні частинки ґрунту у макроагрегати, що робить ґрунт стійким до ерозії та покращує його аерацію.

Еспериментальні дані І. Дідура, О. Ткачука (2016) також свідчать про позитивний вплив культивування бобових багаторічних трав на покращення агрофізичних властивостей ґрунту, зокрема формування його агрономічно-цінної структури. Так, за вирощування люцерни і стоколосу на чорноземних суглинкових ґрунтах впродовж чотирьох років частка агрономічно цінної фракції ґрунту розміром 0,25–10 мм збільшилася, відповідно з 66,9 до 73,5 % та з 67,8 до 74,2 %. Відзначено підвищення коефіцієнта структурності, відповідно з 2,02 до 2,77 і 2,11 до 2,89 %, а також водостійкості агрегатів – з 0,72 до 0,73 і з 0,70 до 0,73 відповідно.

Дослідженнями С. Ф. Разанова із співавторами (2018) виявлено, що вже у перший рік вегетації багаторічних бобових трав частка агрономічно цінних агрегатів зростає на 6,3–13,5 % порівняно з вихідними показниками, а коефіцієнт структурності підвищується в 1,5–2,7 рази. Найбільш виражений позитивний вплив щодо поліпшення фізичних властивостей ґрунту впродовж першого року вирощування спостерігали під посівами конюшини лучної. На другий рік культивування відзначається збільшення частки великих фракцій, що дещо знижує вміст агрономічно цінних агрегатів, проте конюшина лучна продовжує забезпечувати найкращий структуроутворювальний ефект. Тривале (чотирирічне) вирощування трав істотно інтенсифікує процеси структуроутворення, особливо за використання козлятнику східного та лядвенцю рогатого. Після оранки дворічного травостою найвищі значення коефіцієнта структурності зафіксовано у варіантах із конюшиною лучною, тоді як мінімальні – після буркуну білого. За чотирирічного циклу вирощування

коефіцієнт структурності зростає втричі порівняно з дворічним терміном, досягаючи максимуму після еспарцету піщаного та лядвенцю рогатого. Таким чином, усі види багаторічних бобових трав, що досліджували, істотно покращують агрофізичні показники ґрунту, підвищуючи його стійкість до антропогенної та природної деградації.

Формування стійкої структури ґрунту під багаторічними травами зумовлене комплексом біологічних чинників, зокрема накопиченням мікробної біомаси в прикореневій зоні та виділенням кореневих ексудатів, які діють як сполучні агенти. Важливу роль відіграє архітектоніка кореневої системи та асоційована з нею мікориза, що фізично закріплюють ґрунтові частки [27, с. 161]. Крім того, щільний рослинний покрив мінімізує антропогенний та природний вплив на ґрунт, що сприяє стабілізації агрегатного складу та запобігає прояву ерозійних процесів.

Багаторічні трави істотно впливають на щільність складення ґрунту, сприяючи розущільненню та поліпшенню його структурного стану. Щільність складення є базовим індикатором фізичного стану ґрунту: її зниження свідчить про формування оптимальної структури та відсутність переущільнення. Оптимальні параметри щільності визначаються як природними чинниками, так і антропогенним впливом, зокрема особливостями землекористування та агротехніки. Надмірне ущільнення ґрунту порушує водний, повітряний та тепловий режими, лімітує засвоєння елементів живлення, перешкоджає вільному вертикальному розвитку кореневої системи і, як наслідок, призводить до зниження врожайності культур [28, с. 133]. Водночас введення багаторічних трав у сівоzmіни може мати різний характер впливу на щільність складення та ущільнення ґрунту. Наприклад, результати окремих досліджень свідчать про зниження щільності складення переважно у верхніх горизонтах ґрунту за включення до сівоzmіни багаторічних культур [29, с. 375].

Багаторічні трави істотно трансформують структуру порового простору ґрунту, сприяючи зростанню показників загальної пористості та частки макропор, хоча їхній вплив на мікропористість має менш виражений та мінливий характер. Диференціація пор за розмірами є визначальним чинником регулювання газообміну, а також акумуляції та переміщення вологи в ґрунтовому профілі [30, с. 1636]. Встановлено, що сформована посівами люцерни система біопор характеризується високою стабільністю та пролонгованою дією, яка простежується навіть після вирощування двох наступних культур. Водночас відзначено тенденцію до поступового зменшення середнього діаметру пор у часі [31, с. 305].

**Ефективність багаторічних бобових трав як попередників польових культур у сівоzmіні.** Дослідження проведені в різних ґрунтово-кліматичних зонах України свідчать, що включення багаторічних бобових у сівоzmіни сприяє підвищенню врожайності наступних культур [32, с. 64]. Так, за дослідними даними відзначено, що за сівиби озимих зернових культур після люцерни урожайність зерна збільшується, залежно від зони вирощування, на 0,6–1,5 т/га, кукурудзи – на 1,0–2,0 т/га, а коренеплідів буряків цукрових – до 5–8 т/га. Це зумовлено покращеним живленням рослин та зниженням забур'яненості посівів на 15–20 % завдяки конкуренції багаторічних бобових за поживні ресурси.

В умовах Лісостепу Правобережного за вирощування пшениці озимої після багаторічних бобових трав, зокрема люцерни посівної, еспарцету піщаного, лядвенцю рогатого, буркуну білого за двоукісного використання травостою урожайність зерна формується на рівні 4,5–4,8 т/га. Відзначено, що в умовах зони багаторічні бобові трави є більш ефективним попередником порівняно з паром

чорним [33, с. 63]. За результатами досліджень О. П. Ткачука (2022) встановлено, що пшениця озима, за розміщення у сівозміні після бобових багаторічних трав, формувала урожайність зерна в межах 4,03–5,80 т/га, а найвище її значення зафіксовано у сівозміні, де попередником пшениці була конюшина лучна.

За результатами польових досліджень встановлено, що в умовах нестійкого зволоження Лівобережного Лісостепу України кращим попередником пшениці озимої в сівозмінах із короткою ротацією є еспарцет на один укіс (за типом зайнятого пару). За вирощування сорту Нива одеська після цього попередника на фоні внесення мінеральних добрив у нормі  $N_{50}P_{50}K_{50}$  забезпечено врожайність на рівні 5,09 т/га [35–38]. Це підтверджує, що еспарцет як попередник не лише накопичує біологічний азот, а й зберігає достатній вміст доступної вологи для старту озимих на протигагу культурам із більш пізнім звільненням поля.

**Висновки.** Встановлено, що багаторічні бобові трави володіють високим потенціалом біологічної азотфіксації, завдяки якому вони щорічно, залежно від виду та умов вегетації, здатні нагромаджувати в ґрунті від 50 до 450 кг/га атмосферного азоту. Виявлено, що культивування багаторічних бобових трав забезпечує надходження у ґрунт до 23–30 т/га органічної маси, що сприяє підвищенню родючості ґрунту. Крім того трави позитивно впливають на зменшення кислотності ґрунтового розчину, а також сприяють підвищенню вмісту рухомих форм фосфору й калію. Водночас вони є кращими попередниками, забезпечуючи підвищення продуктивності як окремих культур, так і сівозмін в цілому.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Legume Crops - Prospects, Production and Uses. Edited by Mirza Hasanuzzaman. Sher-e-Bangla Agricultural University, Bangladesh. 2020. P. 182. doi: 10.5772/intechopen.90304
2. Квітко Г.П., Ткачук О.П., Гетман Н.Я. Багаторічні бобові трави – основа природної інтенсифікації кормовиробництва та поліпшення родючості ґрунту в Лісостепу України. *Корми і кормовиробництво*. 2012. Вип. 73. С. 113–117.
3. Гетман Н.Я., Циганський В.І., Коваленко В.П. Люцерна посівна в польовому кормовиробництві. *Корми і кормовиробництво*. 2012. Вип. 73. С. 118–122.
4. Hannaway D.B., Shuler P.E. Nitrogen Fertilization in Alfalfa Production. *Journal of Agricultural Production*. 1993. Vol. 6. P. 80–85.
5. Забарна Т. А., Забарний О. С., Полгороднік О. Г., Пелех Л. В. Вплив мінеральних добрив та способу вирощування на азотфіксуєздатність конюшини лучної в умовах Лісостепу Правобережного. *Корми і кормовиробництво*. 2013. Вип. 75. С. 35–38.
6. Peoples M.B., Baldock J.A. Nitrogen dynamics of pastures: Nitrogen fixation inputs, the impact of legumes on soil nitrogen fertility, and the contributions of fixed nitrogen to Australian farming systems. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 2001. Vol. 41(3). P. 327–346. doi:10.1071/EA99139
7. McCaughey W.P., Chen W. Benefits of including forage legumes in pastures and their management. In *Proceedings of the Western Canadian Forage and Grazing Conference*, Saskatoon, SK, Canada, 8–10 December 1999; Saskatchewan Stock Grower Association: Saskatoon, SK, Canada; 1999. P. 97–115.
8. Burity H.A., Ta T.C., Faris M.A., Coulman B.E. Estimation of nitrogen fixation and transfer from alfalfa to associated grasses in mixed swards under field conditions. *Plant Soil*. 1989. Vol. 114. P. 249–255.
9. Kelner D.J., Vessey J. K., Entz M. H. The nitrogen dynamics of 1-, 2- and 3-year stands of alfalfa in a cropping system. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 1997. Vol. 64 (1). P. 1–10. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(97\)00019-4](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(97)00019-4)

10. Zhu Y. P., Sheaffer C. C., Russelle M. P., Vance C. P. Dinitrogen fixation of annual Medicago species. In *North American Alfalfa Improvement Conference*. 1996, March. Vol. 35. P. 75.
11. Racca R., Basigalup D., Brenzoni E., Bruno O., Castell C., Collino D., Dardanelli J., Diazzorita M., Duhalde J., Gonzales N., Hansen W., Heins N., Laich F., Lopez A., Peralta O., Peticari A., Quadrelli A., Rivero E., Romero N., Sereno R. Alfalfa symbiotic dinitrogen fixation in the Argentine Pampean Region. In: *North american alfalfa improvement conference*, 36, Bozeman, Montana, 1998. Proceedings. Bozeman, Montana, 1998. P. 71.
12. Петриченко В.Ф., Квітко Г.П., Царенко М.К. Наукові основи інтенсифікації польового кормовиробництва в Україні. Вінниця: ФОП Данилюк В.Г., 2008. 240 с.
13. Fohrafellner J., Keiblinger K. M., Zechmeister-Boltenstern S., Murugan R., Spiegel H., Valkama E. Cover crops affect pool specific soil organic carbon in cropland – A meta-analysis. *European Journal of Soil Science*. 2024. Vol. 75. P. e13472. <https://doi.org/10.1111/ejss.13472>
14. Собко М. Г., Собко Н. А., Собко О. М. Роль багаторічних бобових трав у підвищенні родючості ґрунту. *Корми і кормовиробництво*. 2012. Вип. 74. С. 53–57.
15. Гетман Н.Я., Квітко Г.П. Агробіологічне обґрунтування ресурсоощадних технологій вирощування фітоценозів багаторічних та однорічних кормових культур у польовому кормовиробництві. *Вісник аграрної науки*. 2013. № 9. С. 44–47.
16. Самохвал Т.П. Кормова продуктивність та агроекологічна цінність козлятнику східного в умовах Правобережного Лісостепу України. *Вісник аграрної науки*. 2013. № 9. С. 114–117.
17. Макаренко П.С. Лучне і польове кормовиробництво: навчальне видання. Вінниця: ФОП Данилюк В.Г., 2008. 548 с.
18. Кургак В.Г. Лучні агрофітоценози. К.: ДІА, 2010. 374 с.
19. Singh N. Perenniality Impacts on Soil Physical and Hydraulic Properties and Ecosystem Services: A Review. *Sustainability*. 2025. Vol. 17. P. 10988. <https://doi.org/10.3390/su172410988>
20. Montgomery D.R. Soil Erosion and Agricultural Sustainability. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2007. Vol. 104. P. 13268–13272. doi:10.1073/pnas.0611508104
21. Pimentel D., Burgess M. Soil Erosion Threatens Food Production. *Agriculture*. 2013. Vol. 3. P. 443–463. <https://doi.org/10.3390/agriculture3030443>
22. Ouyang L., Wang F., Tang J., Yu L., Zhang R. Effects of Biochar Amendment on Soil Aggregates and Hydraulic Properties. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 2013. Vol. 13. P. 991–1002. doi:10.4067/S0718-95162013005000078
23. Ghosh P.K., Saha R., Gupta J.J., Ramesh T., Das A., Lama T.D., Munda G.C., Bordoloi J.S., Verma M.R., Ngachan S.V. Long-Term Effect of Pastures on Soil Quality in Acid Soil of North-East India. *Soil Research*. 2009. Vol. 47. P. 372–379. doi:10.1071/SR08169
24. Bonin C., Lal R. Physical Properties of an Alfisol under Biofuel Crops in Ohio. *Journal of Technology Innovations in Renewable Energy*. 2012. Vol. 1. P. 1. doi:10.6000/1929-6002.2012.01.01.1
25. Дідур І., Ткачук О. Екологічний вплив багаторічних трав на зміну структури ґрунту. Екологія і природокористування в системі оптимізації відносин природи і суспільства: матеріали III Міжнародної наук.-практ. конференції. 24–25 березня 2016 р. Ч. 1. Тернопіль: Крок, 2016. С. 263–265.
26. Разанов С. Ф., Ткачук О. П., Гончарук І. І., Кравченко В. С. Зміна структури ґрунту при вирощуванні бобових багаторічних трав. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2018. Випуск № 92. Ч. 1. С. 206–214.
27. Tisdall J.M., Oades J.M. Organic Matter and Water-stable Aggregates in Soils. *European Journal of Soil Science*. 1982. Vol. 33. P. 141–163. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.1982.tb01755.x>

28. Lipiec J., Hatano R. Quantification of Compaction Effects on Soil Physical Properties and Crop Growth. *Geoderma*. 2003. Vol. 116. P. 107–136. [https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(03\)00097-1](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(03)00097-1)
29. Akdemir E., Anderson S.H., Udawatta R.P. Influence of Agroforestry Buffers on Soil Hydraulic Properties Relative to Row Crop Management. *Soil Science*. 2016. Vol. 181. P. 368–376. doi:10.1097/SS.0000000000000170
30. Young I.M., Crawford J.W. Interactions and Self-Organization in the Soil-Microbe Complex. *Science*. 2004. Vol. 304. P. 1634–1637. doi:10.1126/science.1097394
31. McCallum M.H., Kirkegaard J.A., Green T.W., Cresswell H.P., Davies S.L., Angus J.F., Peoples M.B. Improved Subsoil Macroporosity Following Perennial Pastures. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 2004. Vol. 44. P. 299–307. doi:10.1071/EA03076
32. Сівозміни у землеробстві України / За ред. В. Ф. Сайка, П. І. Бойка. Київ: Аграрна наука, 2002. 147 с.
33. Квітко Г. П., Протопіш І.Г., Коваленко О.А. Багаторічні бобові трави – безальтернативний попередник пшениці озимої в біологічному землеробстві Лісостепу Правобережного. *Таврійський науковий вісник*. 2013. № 83. С. 60–64.
34. Ткачук О.П. Еколого-економічна та біоенергетична оцінка технологій вирощування пшениці озимої після бобових багаторічних трав. *Зернові культури*. 2022. Т. 6. № 1. С. 124–132. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0215>
35. Гангур В. В., Котляр Я.О. Вплив попередників на винос та баланс поживних речовин під пшеницею озимою у сівозмінах з короткою ротацією. *Таврійський науковий вісник*. 2022. № 127. С. 20–26. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.127.2>
36. Гангур В. В., Котляр Я. О. Вплив попередників на поживний режим ґрунту та урожайність пшениці озимої в зоні Лівобережного Лісостепу України. *Scientific Progress & Innovations*. 2023. № 26(3). С. 11–16. <https://doi.org/10.31210/spi2023.26.03.02>
37. Гангур В. В., Котляр Я. О. Вплив попередників на водоспоживання та продуктивність пшениці озимої в зоні Лівобережного Лісостепу України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2021. № 1. С. 122–127. doi: 10.31210/viisnyk2021.01.14
38. Гангур В. В., Маренич А. М., Сокирко Д. Д. Вплив попередників та рівня удобрення на урожайність зерна пшениці озимої в умовах Лівобережного Лісостепу. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28(1). С. 63–67. <https://doi.org/10.31210/spi2025.28.01.11>

Дата першого надходження статті до видання: 07.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026