

CHAPTER «AGRICULTURAL SCIENCES»

PECULIARITIES OF LEGUME SEEDS YIELD FORMATION AND WAYS TO IMPROVE THEIR QUALITY

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЮ НАСІННЯ БОБОВИХ КУЛЬТУР І ШЛЯХИ ПОЛІПШЕННЯ ЇХ ЯКОСТІ

Olesia Danylcenko¹

Mykola Radchenko²

DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-499-3-1>

Abstract. An important task of modern agricultural production is the formation of plant protein resources. Among various agricultural crops, legumes take a leading place in the raw material balance of the country, ensuring the production of protein products for food and fodder. In connection with the decrease in the production of livestock products, great attention should be paid to the problem of increasing the production of legumes rich in proteins. In the conditions of a steady tendency to narrow the list of main crops, it is important to maintain the species range of legumes, which ensures the growth of crop rotation productivity and reproduction of soil fertility.

The potential yield of peas, fodder beans, chickpea and lentils under production conditions remains unrealized. The symbiosis potential of legumes with nodular rhizobia of the soil is often limited by a low level of nitrogen-fixing capacity or an insufficient number of bacteria in the germinating seed zone. Therefore, pre-sowing treatment of

¹ Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Agrotechnologies and Soil Science,
Sumy National Agrarian University, Ukraine

² Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Agrotechnologies and Soil Science,
Sumy National Agrarian University, Ukraine

seeds with biological preparations based on strains of specific rhizobia should be an expedient agromeasure in the technology of growing leguminous crops.

The purpose of the research was to analyze the elements of the technology of growing leguminous crops, namely determining the optimal doses of mineral fertilizers in combination with seed inoculation with bacterial preparations aimed at increasing the yield and quality of pea, fodder beans, chickpea, and lentils.

The object of the research is leguminous crops (peas, fodder beans, chickpea, lentils).

The subject of the research is the elements of the technology of growing legumes (mineral fertilizers and bacterial preparations based on nitrogen-fixing and phosphorus-mobilizing microorganisms).

Relevance of the topic. In order to increase the effectiveness of the functioning of agrocenoses of leguminous crops, it is important to expand and deepen the knowledge of the study of individual technological elements of their cultivation. Until recently, the issue of the complex effect of agrotechnical factors, in particular mineral and bacterial fertilizers, on crop formation has not been solved fully. The influence of complex bacterial preparations, the components of which are nitrogen-fixing and phosphorus-mobilizing microorganisms, on the nitrogen-fixing capacity of leguminous plants (peas, chickpea, fodder beans, and lentils) at different levels of mineral fertilization remains insufficiently studied. It is necessary to identify agrotechnical measures that would contribute to the maximum realization of the productive potential of peas, chickpea, fodder beans and lentils.

The results of the analysis of modern literary sources make it possible to reveal the all-round positive effect of complete mineral fertilizer, individual macro- and microelements, bacterial fertilizers on the activity of symbiotic systems and the productivity of legumes in different soil and climatic zones. Along with this, the issue of developing optimal criteria for the use of fertilizer remains not fully resolved, and this requires solving a number of issues, namely: whether it is advisable to use increased doses of mineral nitrogen in order to obtain high yields, turning leguminous crops into nitrogen users; what optimal doses of nitrogen fertilizers, with their corresponding ratio with phosphorus and potassium, should be applied

under grain leguminous crops to ensure a high yield without inhibiting symbiotic nitrogen fixation; to what extent the applied high doses of mineral fertilizers are used by leguminous plants and what are the unproductive losses of nitrogen, which lead to environmental pollution with intermediate products of the transformation of mineral compounds.

A scientifically based fertilization system is the basis for the formation of high and stable grain yields of leguminous crops, and the information mentioned above testifies to the insufficient study of the complex effect of agrotechnical factors on the quantity and quality of the crop.

1. Вступ

Важливим завданням сучасного аграрного виробництва є формування рослинних білкових ресурсів. Серед різноманітних сільсько-господарських культур зернобобові посідають провідне місце в сировинному балансі країни, забезпечують виробництво білкової продукції продовольчого та фуражного спрямування. В зв'язку зі зниженням одержання продуктів тваринництва важлива увага повинна приділятися проблемі збільшення виробництва саме зернобобових культур, багатих на білки. В умовах стійкої тенденції до звуження переліку основних культур важливим є підтримка видового асортименту бобових, що забезпечує зростання продуктивності сівозмін та відтворення родючості ґрунту.

Зернобобові культури мають високу поживну цінність (містять у великій кількості протеїни, вуглеводи, вітаміни A1, B1, B2, C, жири), здатні забезпечувати власні потреби та вимоги наступних культур сівозміни у біологічному азоті, мобілізувати з ґрунту малорозчинні форми фосфору. За наявності зернобобових у сівозміні існує можливість зменшення потреби в добривах без зниження врожаю. Важливу роль у технології вирощування бобових культур відіграє розкриття продуктивного потенціалу завдяки енергозберігаючим технологічним заходам, зокрема інокуляції насіння.

Потенційна врожайність зерна гороху, кормових бобів, чини та сочевиці в виробничих умовах залишається нереалізованою. Потенціал симбіозу бобових культур з бульбочковими ризобіями ґрунту часто обмежений невисоким рівнем азотфіксуючої здатності або недостатньою кількістю бактерій в зоні насіння, що проростає.

Тому доцільним агрозаходом у технологіях вирощування бобових культур повинна бути передпосівна обробка насіння біологічними препаратами на основі штамів специфічних ризобій.

Мета досліджень полягала в аналізуванні елементів технології вирощування бобових культур, а саме: визначення оптимальних доз мінеральних добрив у поєднанні з інокуляцією насіння бактеріальними препаратами, спрямованих на підвищення врожайності та якості насіння гороху, кормових бобів, чини, сочевиці.

Об'єкт дослідження – бобові культури (горох, кормові боби, чина, сочевиця).

Предмет дослідження – елементи технології вирощування бобових культур (мінеральні добрива та бактеріальні препарати на основі азотфіксуючих і фосформобілізуючих мікроорганізмів).

Для підвищення ефективності функціонування агроценозів бобових культур важливо розширити й поглибити знання з дослідження окремих технологічних елементів їх вирощування. До останнього часу не повною мірою вирішене питання комплексної дії агротехнічних факторів, зокрема мінеральних і бактеріальних добрив на формування врожаю. Залишається недостатньо вивченим вплив комплексних бактеріальних препаратів, складовими яких є азотфіксуючі та фосформобілізуючі мікроорганізми на азотфіксуючу здатність бобових рослин (гороху, чини, кормових бобів та сочевиці) за різних рівнів мінерального удобрення. Необхідно виявити агротехнічні заходи, які б сприяли максимальній реалізації продуктивного потенціалу гороху, чини, кормових бобів та сочевиці.

2. Значення зернобобових культур у вирішенні проблеми білка в Україні

Глобальна економічна проблема сьогодення – забезпечення високого рівня виробництва продовольства вимагає одержання достатньої кількості продуктів, багатих на білок для забезпечення потреб населення, досягнення оптимальної структури харчування, формування й зберігання достатньої кількості продовольчих резервів.

Нині середній рівень споживання білка в розрахунку на душу населення в Україні становить 82,4 г/день, у розвинених країнах – 99,4 г/д, у країнах, що розвиваються – 69,6 г/д, у слаборозвинених – 58,1 г/д.

Серед продовольчих білкових ресурсів рослинного походження важливе місце посідають однорічні зернові бобові культури, які є одним з найкращих джерел високоякісного, збалансованого за амінокислотним складом, економічно дешевого та екологічно чистого білка.

Білок більшості зернових бобових, на противагу іншим сільськогосподарським культурам, має кращу збалансованість за амінокислотним складом, добре засвоюється організмом людини й тварин, є конче необхідним для росту й розвитку, обміну речовин, підтримання нормальної життєдіяльності.

На сучасному етапі розвитку аграрного виробництва актуальним є впровадження адаптивних систем землеробства, за яких забезпечення сільськогосподарських культур основними елементами живлення, захист від стресових факторів, бур'янів, шкідників, фітопатогенів досягається через використання відновлювальних ресурсів біологічних угруповань. Саме їх формування значною мірою ґрунтується на взаємодії рослин з ґрунтовими мікроорганізмами, які заселяють поверхню коренів або проникають у рослинні тканини, утворюючи симбіотичні комплекси складної організації – бульбочки.

Отримуючи від рослин доступну органічну речовину, ґрунтові мікроорганізми забезпечують своїх партнерів–симбіонтів легкозасвоюваними сполуками азоту, синтезують фітогормони й вітаміни, що стимулюють розвиток рослин, пригнічують активність і знижують чисельність ґрунтових фітопатогенів.

Завдяки цьому феномену, в ґрунти України щорічно надходить близько 200 тис. т біологічно зв'язаного азоту. Біологічний азот, що надходить з рослинами, є екологічно безпечним і, крім того, практично невичерпним. Коефіцієнт використання біологічно зв'язаного азоту в бобово–ризобіальних системах наближається до 100 %.

Одним з негативних наслідків, причиною яких були соціальні та економічні перебудови на селі, є порушення сівозмін і домінування посівів зернових колосових культур. Однак розрахунки, проведені Б. В. Оверченко [18, с. 39] показують, що вартість валової продукції озимої пшениці (після попередника пшениці) в усіх агрокліматичних зонах України майже в 2–3 рази нижча, порівняно з попередником горохом, що свідчить про економічну недоцільність вирощування пшениці як монокультуру й важливість бобових культур як попередників.

Встановлено, що за відсутності природних процесів, які дають можливість підвищити вміст зв'язаного азоту в ґрунті за рахунок атмосферного азоту на багатьох ґрунтах вирощування сільськогосподарських культур було б неможливим. За даними FAO (міжнародна організація під патронатом ООН) в ґрунт надходить 140 млн тонн азоту завдяки фіксації бобовими рослинами.

Таким чином, зернобобові культури є важливим елементом удосконалення та інтенсифікації сівозмін. Кореневі та пожнивні залишки бобових рослин стимулюють біологічну активність ґрунтової мікрофлори, сприяють підвищенню врожайності не тільки культури, яка висівається першою за ними в сівозміні, а й наступних культур. Саме тому, як попередники для найбільш цінної культури України озимої пшениці, рекомендують використовувати зернові бобові культури.

Використовуючи бобові рослини можна зв'язування азот атмосфери не тільки технічним, але й біологічним шляхом. Так, процеси утворення азоту в кореневій системі бобових культур можна порівняти з роботою мініатюрного заводу, що працює на безкоштовній енергії сонця.

У північних регіонах України основними зернобобовими культурами є горох і соя. Однак, останнім часом цей регіон характеризується періодичними посухами в літній період, що призводить до зниження врожайності всіх сільськогосподарських культур. Серед зернобобових рослин найбільшу стійкість до низького рівня вологозабезпечення, а також шкідників і хвороб виявляють сочевиця і чина.

Важлива роль у збільшенні виробництва білка багатьох країн світу та України належить гороху, велика різноманітність екологічних типів й сортів якого забезпечує значне поширення культури в різних ґрунтово-кліматичних зонах. Незважаючи на значний дефіцит рослинного білка, за останні 10 років посівні площі гороху в північному регіоні країни зменшилися в 3–5 разів при одночасному зниженні врожайності зерна.

Горох, як і більшість зернобобових культур, здатний накопичувати велику кількість білка в зерні (20–30 %), вегетативній масі (2,8–4,0 %), соломі (6–8 %) та сіні (16 %). Білок гороху містить майже всі незамінні амінокислоти, легко розчиняється в воді, що сприяє повноцінному засвоєнню організмами людини і тварин.

Зелений горошок і недостиглі боби гороху (свіжі й консервованні) мають високий вміст активних ліпотропних протисклеротичних речовин, зокрема холіну. В дослідженнях з гігієни харчування встановлено, що нестача холіну (потреба в якому досить висока: 2–3 г на добу), сприяє зростанню й розвитку злоякісних пухлин.

Однією з причин зменшення площ гороху в Україні є низький коефіцієнт розмноження насіння, нестабільні врожаї та проблеми, що виникають при збиранні врожаю. Проте нові сорти вусатого типу, які характеризуються компактним розміщенням бобів, одночасним дозріванням, добре розвиненими вусами, ефективно підтримують рослини, запобігаючи виляганню. Завдяки цим сортам характерного габітусу збирання проводять прямим комбайнуванням майже без втрат, що забезпечує високу врожайність культури й дозволяє підвищити продуктивність та якість зерна, забезпечити високий рівень рентабельності.

Чільне місце в зерновому балансі галузі рослинництва належить кормовим бобам.

Площа посівів кормових бобів у світі становить близько 5 млн. га. В Україні кормові боби вирощують на площі більше 10 тис. га, як кормову культуру. На кормові цілі використовують зерно, зелену масу, силос і соломку. Зерно, що містить 28–32 % білка, до 54 % вуглеводів, 2,8–3,5 % жиру, близько 3,5 % мінеральних речовин, вітаміни А, В тощо, є високопоживним концентрованим кормом, (в 100 кг міститься 129 к. од. і 28,4 кг перетравного протеїну). Зерно кормових бобів – цінний компонент у виробництві комбікормів.

Особливості хімічного складу насіння бобових культур зумовлюють універсальність його використання. Зерно використовують для годівлі сільськогосподарських тварин у вигляді концентратів, макух, входить до складу комбікормів. Це дає можливість більш раціонально використовувати вуглеводні корми, оскільки бобові домішки майже в 1,5 рази підвищують їх засвоюваність.

За даними А. І. Клиша, О. М. Коваль [13, с. 128] таку бобову культуру, як чину можна використовувати для відгодівлі худоби і свиней. Збагачення комбікормів білком чини збільшує масу добового приросту свиней при скороченні витрат на годівлю. Використання зерна чини покращує збалансованість комбікорму не тільки за загальним вмістом білка, а й за вмістом амінокислоти лізину.

Поряд з білками в насінні зернових бобових міститься до 50 % вуглеводів і жири, що підвищує кормову і поживну цінність цих рослин. Насіння та вегетативні органи культур цієї групи багаті на різноманітні вітаміни (A, B1, B2, C, PP), що покращує їх кормові й харчові властивості. Зернобобові культури характеризуються й іншими цінними якостями.

Сочевицю вирощують для продовольчих і кормових потреб. В Україні до середини минулого століття площа під цією культурою становила майже 100 тис. га, але в 1960–х роках її посіви різко зменшилися. Культура відзначається посухостійкістю, рано звільнює площу і використовує вологу лише з верхнього шару ґрунту, через це є добрим попередником в сівозміні. Високі смакові якості, цінні дієтичні властивості стали причиною значного попиту на сочевицю серед споживачів багатьох країн світу. Завдяки високому вмісту лізину, заліза, фосфору й калію, що підтримують еластичність судин і запобігають старінню організму людини, сочевиця рекомендована для харчування дітей і людей похилого віку [14, с. 58].

Сочевиця має важливе значення як кормова культура. На корм використовують здебільшого її солому, відходи, що утворюються при сортуванні насіння й переробці на крупу та борошно. Сочевичні відходи відзначаються високою кормовою цінністю і перевищують за поживністю овес. Солома сочевиці, за своєчасного збирання, є найкращою серед зернобобових і прирівнюється до сіна за кормовими якостями.

Крім того, за суворого дотримання всіх технологічних процесів рентабельність вирощування сочевиці є однією з найвищих. Ціни на насіння культури в 3–4 рази перевищують закупівельну ціну на пшеницю.

За поширенням в світі сочевиця посідає четверте місце серед зернобобових культур триби викових. Світове виробництво її за останні 10 років коливалося від 3,8 млн т (2000–2008 рр.) до 4.5 млн т (2020–2023 рр.). Сочевиця внесена ООН до списку рослин, світові генетичні ресурси яких контролюються FAO як культура, що відіграє важливу роль у створенні продовольчої безпеки, особливо в регіонах з недостатнім зволоженням. Споживання сочевиці на внутрішньому ринку незначне. Необхідно розробити такі технологічні

підходи, які б дали можливість більш широко використовувати сировину цієї культури в Україні [20, с. 68].

Однак, поряд з великими перевагами, зернобобові рослини мають і ряд недоліків, що утруднюють їх вирощування. Врожаї зерна цих культур часто бувають нестабільними, більшою мірою, ніж інших культур залежать від погодних умов, спостерігаються значні втрати врожаю від шкідників і хвороб, посіви нерівномірно дозрівають, частина бобів може розтріскуватися за посушливих умов. Іноді механізоване збирання ускладнюється через вилягання рослин.

Разом з тим, існуюча тенденція до зменшення виробництва високобілкових продуктів харчування тваринного походження, особливо в країнах з невисоким рівнем життя та доходами населення, а також висока собівартість їхнього виробництва, обумовлюють необхідність збільшення виробництва рослинного білку, попит на який останнім часом значно зріс.

Подрібнення колишніх великих господарств призвело до значних порушень у сільськогосподарському використанні землі, зокрема в дотриманні сівозмін і, як наслідок, – до виснаження ґрунту й зниження природної родючості. Виробництво мінеральних азотних добрив є вкрай енергоємним, енергетична криза змушує шукати шляхи вирішення проблеми постачання азоту для землеробства і, в цьому плані процес біологічної азотфіксації є обґрунтованою альтернативою.

Нині через об'єктивні причини відбувається зниження поголів'я та падіння продуктивності тварин, що вимагає збільшення виробництва рослинного білка для усунення його дефіциту в харчуванні людини і тварин.

3. Роль біологічного азоту в технологіях вирощування зернобобових культур

Фотосинтез і біологічна фіксація азоту рослинами – важливі взаємопов'язані процеси, які є основою життя величезного різноманіття рослинного світу. Завдяки фотосинтезу створюється 95 % органічної речовини біосфери, в поєднанні з біологічною фіксацією азоту бобовими рослинами формуються мутуалістичні умови для рослини-господаря (макросимбіонту), що синтезує органічну речовину і створює необхідне середовище, де бактерії (мікросимбіонт) фіксують азот і

забезпечують ним рослину. У комплексі ці важливі процеси недостатньо вивчені.

Бобово-ризобіальний симбіоз – це феноменальне явище, внаслідок якого в кругообіг включається величезна кількість молекулярного азоту; найбільш активно процес проходить у культур родини бобових [19, с. 213].

Завдяки бульбочковим бактеріям (наприклад, *Rhizobium leguminosarum* bv. *Viciae*), дефіцит азоту в ґрунті можна знизити шляхом біологічної фіксації.

Залежно від умов вирощування бобові рослини задовольняють свою потребу в азоті завдяки молекулярному азоту в середньому на 60–70 %, в оптимальних умовах – на 70–90 %. Так, близько 75 % азоту, фіксованого з повітря бактеріями, використовується рослиною, а 25 % залишається в бульбочках.

Після збирання зернобобових культур до 30 % біологічно фіксованого азоту залишається в пожнивних і кореневих рештках і використовується наступними культурами.

Процес засвоєння азоту бульбочковими бактеріями починається невдовзі після утворення ними бульбочок. В середньому бульбочки розміром 3–5 мм складаються з 10 тисяч клітин, кожна містить від 1000 до десятка мільйонів бактерій.

Вміст азоту в бульбочках бобових збільшується від фази утворення бульбочок до фази цвітіння, а в подальшому – від фази цвітіння до фази дозрівання – зменшується.

Активні бульбочки, зазвичай, рожеві або світло-коричневі на колір, великі за розміром і щільні за консистенцією, неактивні – жовті, часто зморшкуваті. Неактивні бульбочкові бактерії, (наприклад, на сої) можуть перетворитися в патогенну форму.

Також, на активність симбіозу істотно впливають ґрунтові та метеорологічні умови, рівень агротехніки і мінерального живлення рослин.

Одним з головних факторів, що можуть обмежувати активність симбіозу, є кисла реакція ґрунту, недостатня або надмірна його зволоженість, відсутність специфічних, активних штамів ризобій, нестача рухомих сполук фосфору та калію в ґрунті. Проте кількісне значення зазначених факторів для активного симбіозу зернобобових культур нерівнозначне.

Для більшості видів бульбочкових бактерій оптимальне значення рН лежить в межах 6,5–7,5. За рівня рН = 3,5 бактерії всіх штамів гинуть, а за рН = 4,5–5,0 і 8,0 їх ріст уповільнюється. Реакція ґрунтового розчину нижче рН = 4,0 і більше рН = 11,0 є граничною межею для їх життєдіяльності [8, с. 185].

Горох, по відношенню до кислотності ґрунту здатний інтенсивно фіксувати азот і забезпечувати високі врожаї зерна за рівня рН = 6,0 і вище.

Активність симбіозу значною мірою визначається рівнем температурного режиму та умовами вологозабезпеченості ґрунту. Встановлено, що для різних культур і більшості штамів бульбочкових бактерій оптимальною є температура ґрунту 28–33 °С. За її підвищення в зоні кореневої системи до 40 °С відмічена тенденція до зменшення маси бульбочок і самих рослин.

Щодо оптимальних параметрів вологості ґрунту для розвитку бульбочкових бактерій, цей параметр повинен становити 60–70 % повної вологоємкості. За умови зниження показників вологості до 40–45 % зменшується не лише активність бобово-ризобіального комплексу, але й темпи поглинання азоту.

Нині існують два основних способи посилення азотфіксації в агроєкосистемах: активізація діяльності природної (спонтанної) асоціації азотфіксуючих мікроорганізмів у ризосфері та на коренях, й інокулювання рослин активними штамми азотфіксаторів. Саме останній спосіб і передбачає використання бактеріальних добрив на основі азотфіксуючих та фосформобілізуєчих мікроорганізмів [15, с. 104]. Багаторічна практика застосування даних мікроорганізмів показала, що кращим способом їх використання є передпосівна інокуляція насіння.

Інокуляція насіння зернобобових бактеріальними препаратами обумовлює додаткове залучення в кругообіг азоту атмосфери. Цей захід є одним з найважливіших у сучасних технологіях вирощування бобових культур як елемент екологізації та енергозбереження.

Інокуляція насіння бобових культур підвищує азотфіксуючий потенціал до 15–50 % (на 40–60 %), решта резерву може бути використана для оптимізації умов функціонування симбіотичного комплексу.

Підвищити азотфіксуючу активність гороху можна шляхом застосування для передпосівної інокуляції насіння біопрепаратів конкурентоспроможних селекційних штамів бульбочкових бактерій.

Застосування високоактивного штаму бульбочкових бактерій як елементу технології вирощування гороху в зоні Лісостепу України, забезпечує приріст врожаю на 0,35–0,41 т/га.

Застосування інокуляції покращує показники структури врожаю бобових рослин, підвищує біомасу і насіннєву продуктивність, а також збільшує в ньому вміст білка.

Важливою особливістю бульбочкових бактерій є висока здатність до розчинення мінеральних сполук. Зокрема, бактерії переводять важкорозчинні сполуки фосфору в більш доступні форми. Симбіоз ризобій з рослинами сприяє збагаченню не тільки азотом, але й фосфором.

Бобові рослини споживають більше фосфору, ніж зернові культури й нестача цього елементу може лімітувати симбіотичну азотфіксацію, знижуючи продуктивність рослин. Фосфор (у формі фосфатів) є одним із основних елементів мінерального живлення рослин. Проте за внесення фосфорних добрив у ґрунт лише їх частина може бути безпосередньо використана рослинами (за умови перебування в ґрунтовому розчині). Інша частина знаходиться в вигляді нерозчинних фосфатів, що часто переносить фосфорне живлення в групу чинників, які обмежують формування врожаю сільськогосподарських культур. Тому для повноцінного забезпечення потреб рослин у фосфорі необхідно підсилити ступінь розчинності важкодоступних сполук цього елементу в ґрунті. На розчинність сполук фосфору позитивно впливає збалансованість мікроелементів, вапнування кислих ґрунтів тощо. Але коло цих чинників обмежене. Тому актуальним є пошук заходів, які ефективно впливають на процес перетворення важкорухомих сполук фосфору в рухомі форми.

Проблему нестачі рухомих сполук фосфору в ґрунтах можна вирішити за допомогою застосування біопрепаратів фосформобілізуючих бактерій. Ці препарати створюються на основі відселектованих активних штамів мікроорганізмів, які мають властивість підкислювати середовище, продукуючи органічні кислоти. Внаслідок цього важкодоступні фосфорні сполуки розчиняються, поліпшується фосфорне живлення рослин, що сприяє підвищенню інтенсивності синтетичних процесів та утилізації асимілянтів, підвищенню урожайності сільськогосподарських культур [4, с. 89; 5, с. 117].

Нині в Україні створені й успішно застосовуються в рослинництві бактеріальні добрива на основі фосформобілізуєчих мікроорганізмів: фосфобактерин (*Bacillus megatherium*), альдобактерин (*Achromobacter albus*), поліміксобактерин (*Bacillus polymyxa* KB), комплексне біо-торф'яне добриво (*Bacillus megatherium* разом з *Azotobacter chroococcum*).

Одним з основних резервів підвищення симбіотичної азотфіксації є взаємодія макро- і мікросимбіонтів. Бульбочкові бактерії повинні відзначатися не тільки потужними азотфіксуєчими властивостями, але й бути конкурентноспроможними, щодо місцевих штамів, і утворити бульбочки на коренях бобових рослин. Проте конкурентноспроможність штаму визначається також його відповідністю генетичній характеристиці рослини-хазяїна. Штам з високою конкурентною спроможністю на одному сорті рослини може знизити цю здатність а на іншому сортові тієї ж культури підвищити. На думку Ф. Ф. Адамень [1, с. 11], саме внаслідок поліпшення відповідності партнерів симбіозу можна сподіватися на підвищення врожайності бобових рослин.

Крім даних про позитивний вплив інокуляції на врожайність бобових культур, існують дані щодо негативного впливу цього заходу. Так, азотне живлення, джерелом якого є тільки біологічна азотфіксація, спричиняє зниження врожайності гороху й сої на 8–10 %. Це пов'язано з тим, що процес фіксації азоту з повітря є досить енергоємним (для фіксації однієї молекули N_2 витрачається 15–20 молекул АТФ), а джерелом енергії є вуглеводи, синтезовані рослинами шляхом фотосинтезу. Відповідно ці сполуки використовуються не на формування урожаю, а на фіксацію атмосферного азоту [5, с. 210].

Крім формування врожаю бобових культур інокуляція впливає на схожість насіння й енергію проростання, що обумовлено здатністю бульбочкових бактерій синтезувати вітаміни, ауксини, деякі амінокислоти, антибіотики та інші фізіологічно активні речовини, необхідні рослинам для росту й розвитку.

Таким чином, симбіотична азотфіксація розглядається як важливий і невід'ємний елемент формування високого врожаю бобових культур та підвищення його якості, а також покращення азотного режиму ґрунту й охорони довкілля.

4. Особливості мінерального живлення зернобобових культур

Серед хімічних засобів інтенсифікації землеробства, підвищення його продуктивності й ефективності головними, як за масштабами, так і за економічними результатами, є мінеральні добрива. Нині агрохімічна наука має значну кількість фундаментальних розробок, впровадження яких (з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов і особливостей агротехніки) створює необхідні передумови для підвищення родючості ґрунтів і одержання високих сталих врожаїв при збереженні й поліпшенні навколишнього середовища.

Ефективність добрив значною мірою залежить від культури землеробства. Так, за даними І. У. Марчука [17, с. 62], на частку добрив у формуванні врожаю країн Європи припадає – 45–50 %, США – 40–45 %, в Україні – 30–40 %.

Реалізувати потенційні можливості рослинних організмів повною мірою можливо завдяки оптимізації всіх факторів навколишнього середовища, зокрема, режиму живлення. Процес живлення включає надходження в організм елементів, без яких рослини не можуть нормально рости і розвиватися. Провідними є вуглець, кисень, водень, азот, фосфор, калій і сірка. Вуглець, кисень і водень рослина отримує в достатній кількості з повітря, а азот, фосфор, калій й сірку – з ґрунту; досить часто спостерігається дефіцит саме цих елементів.

Дослідження особливостей живлення зернобобових культур забезпечують інформацією про оптимальні норми внесення мінеральних добрив, їх ефективність і вплив на продуктивність рослин та якість урожаю.

При вирішенні проблеми застосування добрив необхідно брати до уваги вид елементів живлення, період розвитку рослин, потреби організму для оптимального росту й формування високого рівня врожаю. Важливою є необхідність збалансованого мінерального живлення бобових рослин протягом вегетації й відповідного забезпечення рослини в критичні її періоди. Так, у гороху й чини нестача хоча б одного з основних елементів живлення призводить до опадання квіток, зав'язей, формування невеликої кількості недостатньо виповненого насіння.

Незалежно від умов вирощування бобові культури з урожаєм виносять велику кількість азоту, фосфору, калію та інших елементів, зокрема:

– горох за урожайності 16 ц/га зерна і 20 ц/га соломи з ґрунту виносить 85–90 кг азоту, 50–60 калію і кальцію та 25–30 кг/га фосфору;

– кормові боби в середньому з 10 ц зерна і відповідною кількістю побічної продукції виносять: азоту – 40–50 кг, фосфору – 12–15 кг і калію – 45–50 кг;

– чина на формування 1 ц насіння та 1 ц соломи використовує 4,5–5,0 кг азоту, 1,8–2,2 фосфору і 2,7–3,5 кг калію;

– сочевиця на формування 1ц насіння виносить з ґрунту 3,8–4,3 кг азоту, 1,5–2 фосфору та 2,0–2,5 калію.

Азот є складовою багатьох органічних сполук – амінокислот, амідів та білків, нуклеїнових кислот та їх похідних, алкалоїдів, хлорофілу, регуляторів росту, ферментів. До складу сухої речовини рослин входить від 1,5 до 5,0 % азоту. Як надлишок, так і нестача азоту в ґрунті призводить до зниження продуктивності культури та погіршення якості врожаю.

Підвищені дози азотних добрив подовжують тривалість не тільки вегетаційного періоду бобових, а й призводять до вилягання рослин, сприяють зростанню ступеня враження шкідниками й хворобами, нерівномірному дозріванню насіння та зниженню його якості.

Нестача азоту виявляється візуально: уповільнюється ріст стебла та коренів; пожовтіння листків (особливо нижніх) через руйнування хлорофілу змінюється побурінням тканин і їх засиханням [16, с. 57].

Саме особливості азотного живлення бобових рослин найбільш інформативні щодо здатності рослин до інтенсивного метаболізму.

З приводу азотного живлення бобових, зокрема гороху, існують суперечливі літературні дані, які можна узагальнити:

– рослинам мінеральний азот не потрібний, оскільки за наявності певного комплексу умов (специфічні раси бульбочкових бактерій, достатня забезпеченість фосфором і калієм, наявність мікроелементів, реакція середовища близька до нейтральної, оптимальна вологість тощо) рослини повністю задовольняють свої потреби в азоті завдяки фіксації з повітря. Внесення азотних добрив у невеликих дозах не забезпечує суттєвого ефекту. Врожай за внесення повної норми мінеральних добрив практично є однаковим з врожаєм, отриманим лише на фосфорно-калійному фоні;

– гороху потрібні невеликі «стартові» (10–30 кг/га) дози азотних добрив. Дане твердження пояснюється тим, що в перші фази розвитку

рослин, коли бульбочки ще не утворились і не почався процес азотфіксації, горох використовує мінеральні форми азоту для утворення більшої площі листової поверхні, яка в майбутньому буде потрібна для успішної азотфіксації;

- під горох потрібно вносити середні дози азотних добрив, як взаємодоповнення симбіотрофного і автотрофного живлення;

- необхідне повне забезпечення гороху мінеральним азотом, оскільки для бобово-ризобіального симбіозу не завжди складаються сприятливі умови й в більшості регіонів біологічно фіксований азот забезпечує одержання порівняно невеликих урожаїв.

На нашу думку, причиною, що формує у вчених-дослідників різні позиції з даного питання є проведення досліджень на ґрунтах, різних за ступенем окультуреності й механічним складом, за різної забезпеченості макро– й мікроелементами, з різною реакцією середовища ґрунтового розчину, без проведення ретельного визначення активності бульбочкових бактерій.

Так, за інтенсивної технології вирощування гороху передбачається внесення лише “стартових” доз азоту при сівбі (20–30 кг/га д.р.). Разом з тим досвід отримання високих урожаїв гороху (0,30–0,50 т/га) вказує на необхідність внесення мінерального азоту в дозах 60–120 кг/га д.р. на фоні підвищених доз фосфорних і калійних добрив [2, с. 69].

Суттєва прибавка урожаю гороху за застосування азотних добрив була одержана в дослідях на чорноземах деградованих лісостепової зони. При цьому максимальний врожай зерна гороху (2,17–3,6 т/га), залежно від метеорологічних умов, був одержаний при внесенні дози N_{30-60} [3, с. 26].

В багаторічних дослідженнях з впливу мінерального азоту на продуктивність гороху в умовах центрального Лісостепу України й північної зони Молдавії найбільш ефективним було передпосівне внесення азотних добрив в дозі N_{60} [6, с. 53].

Проте інші вчені вважають, що застосування мінерального азоту під горох недоцільне, оскільки рослинам до початку процесу фіксації достатньо тієї кількості доступного азоту, що є в ґрунті [7, с. 68].

Дискусійним залишається питання щодо внесення азотних добрив під чину й сочевицю. Численні дослідження свідчать, що високі врожаї насіння на ґрунтах з достатнім рівнем родючості ці культури

можуть сформувати, використовуючи післядію добрив, оскільки добре реагують на їх вплив, а також за внесення невеликих доз азотних добрив і можуть задовольнити свої потреби в азоті за рахунок симбіотичної азотфіксації. За несприятливих умов для розвитку й функціонування бобово-ризобіального комплексу, чина та сочевиця здатні використовувати азот органічної речовини ґрунту і добрив [12, с. 177; 13, с. 129].

Дослідженнями встановлено, що сприятливі для симбіотичної діяльності взаємовідносини між бульбочковими бактеріями й рослиною формуються за умови внесення невеликих доз азоту на фосфорно-калійному фоні.

Однак максимальної реалізації продуктивного потенціалу чини можливо досягти за внесення азотних добрив у дозі 30–60 кг/га, а в ряді випадків і навіть 60–90 кг/га.

Азотні добрива в дозі 20–30 кг/га активізують фотосинтетичну й симбіотичну діяльність посівів сочевиці, забезпечують високу реалізацію потенційної продуктивності. Проте, за даними інших дослідників, високу урожайність сочевиці можна отримати за умови внесення азотних добрив у дозі 45–60 кг/га [21, с. 29].

Що стосується кормових бобів, то ця культура активно фіксує азот від початку до кінця вегетації, й азотні добрива лише частково компенсують нестачу фіксованого азоту, істотно не впливаючи на ріст рослин.

Разом з тим, позитивний вплив внесення азотних добрив на продуктивність кормових бобів було відмічено в умовах Центрального Лісостепу України. Так, внесення азотних добрив в дозі N_{60} до сівби і N_{30} прикоренево в фазі бутонізації рослин на фоні фосфорно-калійних $P_{60}K_{90}$ забезпечило формування урожайності зерна на рівні 35,7 ц/га, що на 6,0 ц/га більше порівняно до контролю [11, с. 96].

Для отримання високих урожаїв зернобобових культур та створення сприятливих умов росту й розвитку рослин важливого значення набуває застосування фосфорних і калійних добрив. В системі удобрення бобових рослин основну роль відводив фосфору, оскільки цей елемент стимулює ріст кореневої системи, зокрема корневих волосків: саме через них бактерії проникають в рослину з ґрунту.

Основним джерелом фосфору для рослин є ґрунт. Але здебільшого фосфор знаходиться в формі важкодоступних сполук і тому

вважається одним із лімітуючих елементів для одержання високих та стабільних врожаїв.

Фосфор як елемент живлення необхідний для формування потужної кореневої системи, підвищує стійкість рослин до вилягання та захворювань і сприяє своєчасному утворенню генеративних органів рослини, стимулює процес формування насіння й прискорює його дозрівання. Цей елемент входить до складу нуклеїнових кислот, нуклеопротейдів, фосфатидів, фітину та лецитину, сполук, що беруть участь у процесах дихання, фотосинтезу, біосинтезі складних вуглеводів [7, с. 71].

За нестачі фосфору в рослин уповільнюється вегетативний ріст надземних органів, збільшується щільність кореневої системи в поверхневому шарі ґрунту, зменшується індекс листової поверхні, знижується поглинання і вміст фосфору, зменшується кількість насіння, врожай зерна.

Для нормального розвитку зернобобових культур велике значення має забезпечення їх калієм, оскільки цей елемент сприяє поділу клітин, рясному цвітінню й формуванню більшої кількості насіння високої якості, підвищує вміст олії, протеїну, резистентність рослин до посухи, стійкість рослин до захворювань та нектаровиділення. За нестачі калію уповільнюється розвиток бобів, відбувається пожовтіння і підсихання листя.

Незалежно від ґрунтових умов внесення фосфорних і калійних добрив є обов'язковим агротехнічним прийомом при вирощуванні зернобобових.

Оптимальна доза фосфорних і калійних добрив під горох, залежно від ґрунтових умов, попередника, дії інших факторів за результатами досліджень багатьох вчених коливається в досить широкому діапазоні: від 20–40 кг/га д.р. кожного з елементів до 80–90 кг/га. Після неудобраних попередників, на неокультурених ґрунтах, рослини гороху потребують, в першу чергу, фосфорних і калійних добрив [9, с. 68].

Зазвичай, на території України під зернобобові культури вносять фосфор і калій з розрахунку не менше 30–45 кг діючої речовини на гектар. На сході України внесення фосфору й калію по 45–60 кг/га діючої речовини збільшувало врожай зерна чини на 0,27–0,36 т/га.

За внесення фосфорно-калійних добрив ($P_{60}K_{40}$) урожайність зерна кормових бобів становила 3,33 т/га, що на 0,37 т/га більше порівняно з варіантом без добрив [10, с. 114].

Враховуючи, що умови вирощування бобових, а саме: гороху, чини, сочевиці та кормових бобів на різних ґрунтах суттєво відрізняються, реакція на внесення азотних, фосфорних і калійних добрив буде нерівнозначною; тому більшість вчених вважають, що під дані культури необхідно вносити повне мінеральне добриво.

На чорноземах лісостепової зони найбільш ефективним виявилось внесення під горох мінеральних добрив у дозах $N_{30-60}P_{40}K_{60}$, які забезпечували максимальну урожайність, інтенсивність азотфіксації й найвищий вміст протеїну.

Урожайність гороху на дерново-підзолистих ґрунтах в дослідях без добрив становила 1,83 т/га, за внесення азотних добрив 2,11, фосфорних 2,03, калійних 2,21, фосфорних і калійних 2,2, повного мінерального добрива – 2,34 т/га [18, с. 41].

Більш висока ефективність внесення повного мінерального добрива під горох була відмічена як за внесення під основний обробіток, так і весною в рядки.

За комплексного удобрення азотними, фосфорними й калійними добривами найвищі прирости урожаю в більшості проведених досліджень, подібно до гороху, формують кормові боби, чина і сочевиця.

5. Висновки

Бобові рослини мають високі потенційні можливості щодо біологічної фіксації азоту повітря й забезпечення власних потреб. Температурний фактор, наявність доступної вологи в ґрунті, високі дози мінерального азоту можуть обмежувати рівень симбіотичної азотфіксації в реальних умовах агроценозу. З використанням відповідних агротехнічних заходів можна покращити реалізацію симбіотичного потенціалу. Досягти цього можливо лише за рахунок розробки й впровадження сучасних технологій вирощування бобових культур, а саме: гороху, чини, сочевиці та кормових бобів.

Результати аналізу сучасних літературних джерел дозволяють виявити всебічну позитивну дію повного мінерального добрива, окремих макро- і мікроелементів, бактеріальних добрив на діяльність

симбіотичних систем і продуктивність бобових в різних ґрунтово-кліматичних зонах. Поряд з цим, не до кінця вирішеним залишається питання розробки оптимальних критеріїв у використанні удобрення й це вимагає вирішення низки питань, а саме:

- чи доцільно використовувати підвищені дози мінерального азоту з метою отримання високих врожаїв, перетворюючи бобові культури в азотокористувачі;

- які оптимальні дози азотних добрив, за відповідного їх співвідношення з фосфорними і калійними, необхідно вносити під зернові бобові культури для забезпечення отримання високого врожаю без пригнічення симбіотичної азотфіксації;

- якою мірою використовуються внесені високі дози мінеральних добрив бобовими рослинами й якими є непродуктивні втрати азоту, що призводять до забруднення навколишнього середовища проміжними продуктами трансформації мінеральних сполук;

Науково обґрунтована система удобрення – основа формування високих і сталих урожаїв зерна бобових культур, а викладене вище свідчить про недостатнє вивчення комплексної дії агротехнічних факторів на кількість та якість врожаю.

Тому, на наш погляд, актуальним залишається питання розробки елементів технології вирощування бобових культур (гороху, кормових бобів, чини та сочевиці), які передбачали б використання комплексних бактеріальних препаратів на основі штамів азотфіксуючих і фосформобілізуючих бактерій та їх поєднання з мінеральними добривами для збільшення зернової продуктивності.

Список літератури:

1. Адамень Ф.Ф. Азотфіксація та основні напрями поліпшення азотного балансу ґрунтів. Вісник аграрної науки. 1999. № 2. С. 9–16.
2. Андрушко М.О., Лихочвор В.В., Андрушко О.М. Урожайність зерна гороху залежно від елементів системи удобрення. Вісник Львівського національного аграрного університету. 2019. № 23. С. 67–71.
3. Бахмат М.І., Небаба К.С. Структурні елементи врожаю гороху посівного залежно від удобрення та регуляторів росту в умовах Лісостепу Західного. Науковий вісник НУБіП України. Серія Агрономія. 2018. № 294. С. 24–31.
4. Волкогон В.В., Лисенко М.М. Мікробіологічна трансформація сполук азоту в ґрунтах агроценозів: монографія. Київ; Ніжин : Аграрна наука, 2017. 192 с.

5. Вовкогон В.В., Надкернична О.В., Ковалевська Т.М. Мікробні препарати у землеробстві. Теорія і практика. Київ : Аграрна наука, 2006. 321 с.
6. Гамаюнова В.В. Вплив елементів технології вирощування на продуктивність сортів гороху в Південному Степу. Збірник наукових праць Подільського державного аграрно-технічного університету. 2016. Вип. 24(1). С. 46–57.
7. Дворецька С., Любич О. Мінеральне живлення гороху. Пропозиція. 2016. № 11. С. 66–72.
8. Дідович С.В., Кулініч Р.О. Високопродуктивні рослинно-мікробні симтеми в агроценозах бобових культур. Корми і кормовиробництво. 2013. Вип. 76. С. 184–187.
9. Жуйков О.Г., Лагутенко К.В. Горох посівний в Україні – стан, проблеми, перспективи. Таврійський науковий вісник: землеробство, рослинництво, овочівництво та баштанництво. Херсон. 2017. № 98. С. 65–70.
10. Камінський В.Ф., Голодна А.В., Шляхтуров Д.С. Інтенсифікація виробництва зернобобових культур в умовах Північного Лісостепу. Землеробство. 2008. Вип. 80. С. 109–115.
11. Кифорук В.В. Вплив інокуляції та позакоренових підживлень на урожайність кормових бобів в умовах центрального Лісостепу України. Збірник матеріалів третьої міжвузівської науково–практичної конференції аспірантів «Сучасна аграрна наука: напрями досліджень, стан і перспективи» (Вінниця, 17–19 березня 2003 р.). Вінниця, 2003. С. 96–97.
12. Клиша А.І. Сочевиця: цінна зернобобова культура. Агроном. 2010. № 4. С. 176–177.
13. Клиша А.І., Коваль О.М. Елементи продуктивності і новий сорт чини Красноградська 8. Селекція на стабільне виробництво рослинного білка. Збірник наукових праць Луганського НАУ. Луганськ : ЛНАУ. 2002. № 20-32. С. 128–129.
14. Кулініч О.О. Моргуля Т. Сочевиця: розумна альтернатива. Пропозиція. 2004. № 7. С. 58–59.
15. Мандровська Н.М., Кручова О.Д., Косенко Л.В. Симбіотичні властивості та біосинтетична діяльність *Rhizobium leguminosarum* Bv. Viciae шт. 250–а під впливом мінерального азоту. Онтогенез рослин, біологічна фіксація азоту та азотний метаболізм. Тернопіль. 2001. С. 103–106.
16. Мартинюк О.М. Особливості формування врожаю зернобобових культур залежно від технології вирощування в західному Лісостепу. Матеріали науково-практичної конференції молодих вчених. (Чабани, 23–25 листопада 2004 р.). Чабани, 2004. С. 57–58.
17. Марчук І. NPK – три важливих літери для вашого врожаю. Пропозиція. 2002. № 3. С. 62–63.
18. Оверченко Б. Щедрий урожай гороха? Без проблем! Пропозиція. 2000. № 3. С. 39–41.
19. Патица В.П., Коць С.Я., Вовкогон В.В. Біологічний азот. Київ : Світ, 2003. 424 с.

20. Присяжнюк О.І., Топчий О.В., Слободянюк С.В., Карпук Л.М., Маляренко О.А., Павліченко А.А., Свистунова І.В. Сочевиця. Біологія та вирощування: монографія. Вінниця : ТОВ «ТВОРИ», 2020. 180 с.

21. Черенков А.В. Клиша А.І., Гирка А.Д., Кулініч О.О, Сидоренко Ю.Я., Бочевар О.В., Льєнко О.В., Кулик А.О. Сучасна технологія вирощування сочевиці. Дніпропетровськ, 2013. 48 с.

References:

1. Adamen F.F. (1999) Azotfiksatsiia ta osnovni napriamy polipshennia azotnoho balansu gruntiv [Nitrogen fixation and the main directions of improving the nitrogen balance of soils]. Visnyk ahranoi nauky – Herald of Agrarian Science, no. 2, pp. 9–16.

2. Andrushko M.O., Lykhochvor V.V., Andrushko O.M. (2019) Urozhainist zerna horokhu zalezno vid elementiv systemy udobrennia [Pea grain yield depending on the elements of the fertilization system]. Visnyk Lvivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu – Herald of the Lviv National Agrarian University, no. 23, pp. 67–71.

3. Bakhmat M.I., Nebaba K.S. (2018) Strukturni elementy vrozhaiu horokhu posivnoho zalezno vid udobrennia ta rehulatoriv rostu v umovakh Lisostepu Zakhidnoho [Structural elements of the crop of field peas depending on fertilizer and growth regulators in the conditions of the Western Forest Steppe]. Naukovyi visnyk NUBiP Ukrainy. Seriiia Ahronomiia – Scientific bulletin of NUBiP of Ukraine. Agronomy series, no. 294, pp. 24–31.

4. Volkohon V.V., Lysenko M.M. (2017) Mikrobiolohichna transformatsiia spoluk azotu v gruntakh ahrotsenoziv: monohrafiia [Microbiological transformation of nitrogen compounds in the soils of agrocenoses: monograph]. Nizhyn: Ahrarna nauka, 192 p. (in Ukrainian)

5. Vovkohon V.V., Nadkernychna O.V., Kovalevska T.M. (2006) Mikrobni preparaty u zemlerobstvi. Teoriia i praktyka [Microbial preparations in agriculture. Theory and practice]. Kyiv: Ahrarna nauka, 321 p. (in Ukrainian)

6. Hamaiunova V.V. (2016) Vplyv elementiv tekhnolohii vyroshchuvannia na produktyvnist sortiv horokhu v Pivdennomu Stepu [The influence of elements of cultivation technology on the productivity of pea varieties in the Southern Steppe]. Zbirnyk naukovykh prats Podilskoho derzhavnoho ahrarno-tekhnichnoho universytetu – Collection of scientific works of the Podilsk State Agrarian and Technical University, vol. 24(1), pp. 46–57.

7. Dvoretzka S., Liubchych O. (2016) Mineralne zhyvlennia horokhu [Mineral nutrition of peas]. Propozytsiia – Proposal, no 11, pp. 66–72.

8. Didovych S.V., Kulnich R.O. (2013) Vysokoproduktyvni roslynno-mikrobni symtemy v ahrotsenozakh bobovykh kulkur [Highly productive plant-microbial symbionts in agrocenoses of leguminous plants]. Kormy i kormovyrobnytstvo – Fodder and fodder production, vol. 76, pp. 184–187.

9. Zhuikov O.H., Lahutenko K.V. (2017) Horokh posivnyi v Ukraini – stan, problemy, perspektyvy [Peas for sowing in Ukraine – condition, problems, prospects]. Tavriiskyi naukovyi visnyk: zemlerobstvo, roslynnytstvo, ovochivnytstvo ta bashtannnytstvo – Taurian scientific bulletin: agriculture, plant growing, vegetable growing and melon growing, no. 98, pp. 65–70.

10. Kaminskyi V.F., Holodna A.V., Shliakhturov D.S. (2008) Intensyfikatsiia vyrobnytstva zernobobovykh kultur v umovakh Pivnichnoho Lisostepu [Intensification of the production of legumes in the conditions of the Northern Forest Steppe]. *Zemlerobstvo – Agriculture*. vol. 80, pp. 109–115.
11. Kyforuk V.V. (2003) Vplyv inokuliatsii ta pozakorenyvykh pidzhyvlen na urozhainist kormovykh bobiv v umovakh tsentralnoho Lisostepu Ukrainy [The effect of inoculation and foliar fertilization on the yield of fodder beans in the conditions of the central forest-steppe of Ukraine]. *Zbirnyk materialiv tretoi mizhvuzivskoi naukovo-praktychnoi konferentsii aspirantiv “Suchasna aharna nauka: napriamy doslidzhen, stan i perspektyvy”* (Vinnytsia, 17–19 March 2003 r.). Vinnytsia, pp. 96–97. (in Ukrainian)
12. Klysha A.I. (2010) Sochevytsia: tsinna zernobobova kultura [Lentils: a valuable leguminous crop]. *Ahronom – Agronomist*, no 4, pp. 176–177.
13. Klysha A.I., Koval O.M. (2002) Elementy produktyvnosti i novyi sort chyny Krasnohradsk 8 [Elements of productivity and a new grade of Krasnohradsk 8]. *Selektsiia na stabilne vyrobnytstvo roslynnoho bilka*. *Zbirnyk naukovykh prats Luhanskoho NAU*. Luhansk: LNAU, no 20-32, pp. 128–129. (in Ukrainian)
14. Kulinich O.O., Morhulia T. (2004) Sochevytsia: rozumna alternatyva [Lentils: a smart alternative]. *Propozytsiia – Proposal*. no 7, pp. 58–59.
15. Mandrovska N.M., Kruchova O.D., Kosenko L.V. (2001) Symbiotychni vlastyvyosti ta biosyntetychna diialnist *Rhizobium leguminosarum* Bv. *Viciae* sht. 250-a pid vplyvom mineralnoho azotu [Symbiotic properties and biosynthetic activity of *Rhizobium leguminosarum* Bv. *Viciae* pc. 250-a under the influence of mineral nitrogen]. *Ontohenez roslyn, biolohichna fiksatsiia azotu ta azotnyi metabolism – Ontogeny of plants, biological fixation of nitrogen and nitrogen metabolism*. Ternopil. pp. 103–106.
16. Martyniuk O.M. (2004) Osoblyvosti formuvannia vrozhaiu zernobobovykh kultur zalezho vid tekhnolohii vyroshchuvannia v zakhidnomu [Peculiarities of the formation of the crop of leguminous crops depending on the cultivation technology in the western forest-steppe]. *Materialy naukovo-praktychnoi konferentsii molodykh vchenykh*. (Chabany, 23-25 November 2004). Chabany, pp. 57–58. (in Ukrainian)
17. Marchuk I. (2002) NPK – try vazhlyvykh litery dlia vashoho vrozhaiu [NPK – three important letters for your crop]. *Propozytsiia – Proposal*, no. 3, pp. 62–63.
18. Overchenko B. (2000) Shchedryi urozhai horokha? Bez problem! [A bountiful crop of peas? No problem!] *Propozytsiia – Proposal*, no 3, pp. 39–41.
19. Patyka V.P., Kots S.Ia., Vovkohon V.V. (2003) Biolohichniy azot [Biological nitrogen]. Kyiv: Svit, 424 p. (in Ukrainian)
20. Prysiazhniuk O.I., Topchii O.V., Slobodianiuk S.V., Karpuk L.M., Maliarenko O.A., Pavlichenko A.A., Svystunova I.V. (2020) Sochevytsia. Biolohiia ta vyroshchuvannia: monohrafiia [Lentil. Biology and cultivation: monograph]. Vinnytsia: «TVORY», 180 p. (in Ukrainian)
21. Cherenkov A.V., Klysha A.I., Hyrka A.D., Kulinich O.O., Sydorenko Yu.Ia., Bochevar O.V., Iliencko O.V., Kulyk A.O. (2013) Suchasna tekhnolohiia vyroshchuvannia sochevytsi [Modern technology of growing lentils]. Dnipropetrovsk, 48 p. (in Ukrainian)