

ПРОДУКТИВНІСТЬ СОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД УДОБРЕННЯ ТА ІНОКУЛЯЦІЇ

Я. О. ЯРОВИЙ, здобувач третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти (доктор філософії)

Уманський національний університет садівництва

Продуктивність сої значно залежить від застосування азотних добрив, ефективність яких змінюється від особливостей погодних умов упродовж вегетаційного періоду. В системі удобрення ефективним є застосування 30 кг/га д. р. азотних добрив. Так, у сприятливішому 2023 р. врожайність насіння становить 3,92 т/га, а в менш сприятливішому 2024 р. – 1,55 т/га. Проведення інокуляції при цьому забезпечує 0,04–0,63 т/га приросту врожаю насіння залежно від погодних умов. Вміст білка зростає від 36,1–39,2 % у варіанті без добрив до 36,2–39,8 % за внесення N₃₀. Застосування інокуляції забезпечує підвищення вмісту білка до 37,5–39,8 %.

Ключові слова: система удобрення, вміст білка, врожайність, збір білка, інокуляція.

Вступ. Україна є одним із основних виробників та експортерів зерна у світі. Нині найбільші площі займають пшениця озима, кукурудза, соняшник і соя [1]. Найбільше сої зосереджена у Правобережному Лісостепу, агрокліматичні умови якого характеризується нестійким зволоженням та високим температурним режимом упродовж вегетації рослин. Це часто призводить до суттєвого зниження продуктивності сої. Серед чинників, які визначають її рівень важливе місце займає оптимальне забезпечення рослин елементами мінерального живлення [2]. Це потребує вивчення їх сумісної дії і поєднання, а також впливу кожного елемента живлення окремо на формування врожаю та якості насіння з метою підвищення їх стабільної дії в конкретних умовах і відновленню родючості ґрунту.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Збільшення виробництва рослинного білка є найважливішим завданням сучасного сільськогосподарського виробництва. Серед зернобобових у вирішенні цієї проблеми особливе місце посідає соя як цінна продовольча, кормова та технічна культура [3]. У світі посіви сої займають близько 100 млн. га, що пояснюється її високою продовольчою, агрономічною та екологічною користю. Соя є найпоширенішою високобілковою олійною культурою у світі, широко використовується в технічних, кормових і харчових цілях. Особливо широко її культивують у США, Бразилії, Аргентині, Канаді, Китаї, Індії та Італії, на ці країни в даний час припадає до 90 % світового виробництва соєвого зерна. У США лише для тваринництва щорічно використовується 18 млн т сої, а загальний валовий збір за останні роки досяг 80 млн т [4].

Со́я – цінна культура, якій немає рівних за вмістом білка та якістю. Насіння містить 28–52 % повноцінного збалансованого за вмістом амінокислот білка та 16–27 % жиру. Со́я широко використовується для виготовлення багатьох високопоживних продуктів і різних видів кормів [5]. Біологічна азотфіксація бобовими рослинами входить до кола досить актуальних питань у сучасних умовах господарювання. Со́я поєднує два важливі процеси – фотосинтезу та біологічної фіксації азоту. Її біологічна особливість полягає в здатності рослин до симбіотичного типу живлення. Бульбочкові бактерії виду *Bradyrhizobium Japanicum* забезпечують рослини фіксованим атмосферним азотом у формі органічних сполук. Але потребуються ефективні заходи, які б сприяли підвищенню інтенсивності цих процесів [6].

Застосування мікробіологічних препаратів забезпечує процеси формування бульбочкових бактерій, збільшення площі листків, висоти рослин, кількості гілок, вузлів, бобів, насіння, росту врожайності та поліпшення якості [7]. Особливого значення набувають біопрепарати на основі мікроорганізмів, які здатні трансформувати важкорозчинні органічні та мінеральні фосфати у легкорозчинні форми. За низького вмісту фосфору у бульбочкових бактерій відсутня вірулентність. Фіксація азоту повітря відбувається з участю АТФ, головною складовою якого є фосфор. Одним із шляхів оптимізації умов функціонування симбіозу є поєднане застосування інокуляції насіння одночасно із ризобіями інших штамів мікроорганізмів, які володіють фосфатмобілізацією та здатністю пригнічувати розвиток фітопатогенних грибів [8].

Передпосівна обробка насіння азотфіксувальними бактеріями у композиції із фосформобілізуючими забезпечили збільшення урожайності насіння сої на 7,9–19,2 % і вмісту в ньому протеїну на 0,04–1,52 % [9]. Рідка форма інокулянту зазвичай має два компоненти: власне штам бульбочкових бактерій у рідкому живильному середовищі та суміш фізіологічно-активних речовин із мікро- та макроелементами для забезпечення виживання бактерій на обробленому насінні. Препаративні форми азотфіксувальних біопрепаратів повинні підтримувати високі титри активних бактеріальних клітин досить тривалий час. Титр кращих сучасних американських препаратів сої становить 2–4 млрд. клітин/г (мл) субстрату до двох років, що дозволяє використовувати залишки препарату в наступному сезоні. Препарати, що виготовляються в Україні, містять також 2–3 млрд клітин/г субстрату [10, 11].

У цілому нині на ринку України представлено широкий спектр інокулянтів, особливо для сої як вітчизняного, так й іноземного виробництва. Вони випускаються у твердій та рідкій формах. Інокуляція насіння сої, навіть, при регулярному чергуванні культур та застосуванні мінеральних добрив дає прибавку урожаю до 10 % [12]. Це дає можливість формувати стабільний та екологічно безпечний врожай. Тому проведення досліджень щодо ефективності біопрепаратів за різних систем удобрення сої є актуальним.

Мета статті – визначити формування продуктивності сої залежно від удобрення та інокуляції.

Методика досліджень. Експериментальну частину досліджень проведено в

умовах Правобережного Лісостепу України у стаціонарному польовому досліді з географічними координатами за Гринвічем 48° 46' північної широти і 30° 14' східної довготи, закладеному у 2011 році на дослідному полі Уманського національного університету садівництва.

Дослід одночасно розгорнутий на чотирьох полях, що дає змогу щорічно отримувати дані врожайності всіх культур сівозміни (пшениця озима, кукурудза, ячмінь ярий, соя). Повторення дослідів триразове. Площа облікової ділянки – 25 м². Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем опідзолений важкосуглинковий на лесі (за класифікацією FAO/WRB, 2022 – Phaeosems). За своїми генетичними властивостями він займає проміжне місце між чорноземом типовим і темно-сірим опідзоленим ґрунтом. Тому, одержані в польових дослідів на чорноземі опідзоленому дані можуть бути поширені й на ці підтипи чорноземних ґрунтів. Вміст гумусу в шарі ґрунту 0–20 см перед закладанням стаціонарного дослідів у 2010 році був підвищений (3,8 %), реакція ґрунтового розчину – дуже слабкокисла (рН_{кел} 5,8), гідролітична кислотність 2,8 смоль/кг, сума ввібраних основ 24,8 смоль/кг, ємність катіонного обміну 27,6 смоль/кг, ступінь насиченості основами 89,9 %, вміст азоту легкогідролізованих сполук – низький (105 мг/кг), рухомих сполук фосфору і калію – підвищений (відповідно 106 і 132 мг/кг). Ґрунт характеризується середнім вмістом кальцію, магнію, низьким вмістом рухомих сполук мангану, цинку та міді, середнім вмістом кобальту.

У варіанті дослідів виробничого контролю (N₁₅₀P₆₀K₈₀) доза добрив розрахована за господарським винесенням основних елементів живлення культурами сівозміни. Схему дослідів складено так, щоб за результатами проведених дослідів можна було визначити можливість зниження доз окремих видів мінеральних добрив і визначити оптимальне їх поєднання як у сівозміні, так і під окремі культури. Схема застосування добрив у польовій сівозміні включала такі варіанти (насиченість добривами 1 га площі сівозміни): без добрив (контроль), N₇₅, N₁₅₀, P₆₀K₈₀, N₁₅₀K₈₀, N₁₅₀P₆₀, N₇₅P₃₀K₄₀, N₁₅₀P₆₀K₈₀, N₁₅₀P₃₀K₄₀, N₁₅₀P₆₀K₄₀, N₁₅₀P₃₀K₈₀. Відповідно до схеми дослідів фосфорні та калійні добрива вносяться під зяблевий обробіток ґрунту, азотні – під передпосівну культивування та в підживлення. Нетоварна частина врожаю культур сівозміни (солома, стебелиння) залишається на полі на добриво. Вирощували сою сорту Асука. Для інокуляції викоритсовували ризоактив.

Сорт Асука – середньоранній з періодом вегетації 110–115 діб. Має високу стійкість до вилягання і розстрікування бобів. Стабільність/пластичність – висока. Сила стартового росту – висока. Вміст білка – високий. Рекомендована зона для вирощування: Лісостеп, Полісся. Напрямок використання: зерновий. Якість: середньоолійний. Оригігатор – Семенсес Прогрейн ІНК.

Препарат ризоактив містить бульбочкові бактерії *Bradyrhizobium japonicum* еко/001, *Bradyrhizobium japonicum* еко/002, *Bradyrhizobium japonicum* еко/003 кількістю 1·10¹⁰ КУО/мл. Підвищує продуктивність завдяки покращенню азотного живлення рослин сої шляхом ефективного здійснення процесу біологічної фіксації азоту. Норма витрат – 2л/т насіння. Дозволяється обробляти насіння за 30 діб до сівби. Характеризується підвищеним

хемотаксисом до корневих ексудатів широкого спектру сучасних сортів сої, що важливо на початку симбіозу, синтезом екзополісахаридів для надійної взаємодії з коренями рослин, конкурентоздатністю та вірулентністю, високою нітрогеназною активністю, синергічними ефектами один з одним, гарантуючи стабільну та ефективну дію препарату.

Урожайність зерна визначали методом прямого комбайнування з кожної ділянки окремо. Показники якості зерна визначали методом інфрачервоної спектроскопії за ДСТУ 4117:2007. Математичну обробку даних здійснювали методом дисперсійного аналізу двофакторного польового досліду, використовуючи пакет стандартних програм Microsoft Excel 2022.

Результати досліджень. Результати досліджень свідчать, що найбільше врожайність насіння сої змінювалось від погодних умов та удобрення (табл. 1).

Табл. 1. Урожайність насіння сої залежно від удобрення та інокуляції

Варіант досліду (фактор А)	Урожайність, т/га				Індекс стабільності
	2022 р.	2023 р.	2024 р.	середня	
Без інокуляції (фактор В)					
Без добрив (контроль)	2,50	3,60	1,39	2,50	0,39
N ₃₀	3,63	3,92	1,55	3,03	0,40
N ₆₀	3,79	4,15	1,63	3,19	0,39
P ₆₀ K ₆₀	2,78	3,88	1,42	2,69	0,37
N ₆₀ K ₆₀	3,86	4,21	1,64	3,24	0,39
N ₆₀ P ₆₀	3,82	4,35	1,66	3,28	0,38
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	3,70	4,32	1,58	3,20	0,37
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	3,95	4,61	1,65	3,40	0,36
N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	3,90	4,57	1,67	3,38	0,37
N ₆₀ P ₆₀ K ₃₀	3,94	4,55	1,65	3,38	0,36
N ₆₀ P ₃₀ K ₆₀	3,93	4,59	1,66	3,39	0,36
З інокуляцією (фактор В)					
Без добрив (контроль)	3,08	4,14	1,42	2,88	0,34
N ₃₀	4,22	4,55	1,59	3,45	0,35
N ₆₀	4,39	4,61	1,65	3,55	0,36
P ₆₀ K ₆₀	3,38	4,54	1,46	3,13	0,32
N ₆₀ K ₆₀	4,46	4,72	1,67	3,62	0,35
N ₆₀ P ₆₀	4,41	4,92	1,69	3,67	0,34
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	4,29	5,10	1,71	3,70	0,34
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	4,55	5,21	1,68	3,81	0,32
N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	4,50	5,16	1,69	3,78	0,33
N ₆₀ P ₆₀ K ₃₀	4,54	5,19	1,70	3,81	0,33
N ₆₀ P ₃₀ K ₆₀	4,52	5,20	1,71	3,81	0,33
HIP ₀₅	A	0,11	0,13	0,04	–
	B	0,08	0,09	0,03	–

Найменше від застосування інокуляції. У середньому за три роки досліджень врожайність збільшувалась від 2,50 до 3,03 т/га за внесення N_{30} і до 3,19 т/га за внесення N_{60} . Застосування повного мінерального добрив в дозі $N_{30}P_{30}K_{30}$ збільшувало цей показник до 3,20 т/га або на 6 %, а $N_{60}P_{60}K_{60}$ – до 3,40 т/га або на 7 % порівняно з азотними системами.

Застосування інокуляції сприяло збільшенню врожайності на 0,38–0,41 т/га залежно від варіанту дослідження. При цьому таку тенденцію встановлено впродовж усіх років дослідження. Урожайність насіння сої значно змінювалась залежно від погодних умов року дослідження про, що свідчить низький індекс стабільності – 0,36–0,40. Встановлено, що застосування N_{30} збільшувало врожайність зерна сої до 3,92 т/га в 2023 р. Застосування $N_{30}P_{30}K_{30}$ забезпечувало збільшення її до 4,32 т/га. За умови застосування подвійної дози азотних добрив врожайність становила 4,15–4,61 т/га. Проведення інокуляції насіння перед сівбою забезпечувало отримання 0,54–0,60 т/га зерна порівняно з ділянками без добрив.

У 2024 р. врожайність сої була низькою завдяки несприятливим погодним умовам у період цвітіння та наливу насіння. Так, за цей період випало лише 35,6 мм опадів проти 117 мм порівняно з середнім багаторічним показником. Крім цього, температура повітря була вище оптимальної для росту та розвитку рослин сої. Встановлено, що застосування N_{30} збільшувало врожайність зерна сої до 1,55 т/га. Застосування $N_{30}P_{30}K_{30}$ забезпечувало збільшення її до 1,58 т/га. За умови застосування подвійної дози азотних добрив врожайність становила 1,65–1,67 т/га. Проведення інокуляції насіння перед сівбою забезпечувало отримання 0,03 т/га зерна порівняно з ділянками без передпосівної обробки. Найменше врожайність зростала від застосування фосфорних і калійних добрив. Варіанти з неповним поверненням фосфорних і калійних добрив достовірно не знижували урожайність зерна порівняно з повним мінеральним добривом.

Контрольний варіант (без добрив) не включав жодних додаткових добрив, використовується як базовий показник для порівняння з іншими варіантами. Білка в середньому було 38,0 % без інокуляції, що є найнижчим серед варіантів (табл. 2). Внесення азоту в дозі 30 кг/га дав незначне підвищення вмісту білка в порівнянні з контролем – 38,3 %. Це демонструє позитивний вплив азотних добрив, але без суттєвих змін порівняно з інтенсивними схемами удобрення. Внесення азоту в дозі 60 кг/га забезпечує значне підвищення вмісту білка – 39,0 %, що вказує про більший вплив азоту на синтез білка. Внесення фосфору та калію в дозі по 60 кг/га забезпечило результати схожі з контролем – 38,0 %, що свідчить про незначний вплив фосфорних і калійних добрив на вміст білка порівняно з азотом. Азот разом з калієм має більш позитивний вплив на синтез білка. Комбінація азоту і калію по 60 кг/га кожного зумовила формування вмісту білка на рівні 39,1 %. Комбінація азоту і фосфору по 60 кг/га підвищила вміст білка до 39,1 %, що свідчить про позитивну взаємодію азоту і фосфору.

Комбінація всіх трьох макроелементів у дозі по 30 кг/га, де середній вміст білка становив 38,5 %, був вищим за варіанти без фосфору та калію. Повна комбінація всіх трьох макроелементів по 60 кг/га, це один із найефективніших варіантів, де вміст білка досягав 39,2 %. Інтенсивна система удобрення показує

добрий результат для підвищення якості врожаю.

Табл. 2. Вміст білка в насіння сої залежно від удобрення та інокуляції, %

Варіант досліду (фактор А)	Урожайність, т/га				Індекс стабільності
	2022 р.	2023 р.	2024 р.	середня	
Без інокуляції (фактор В)					
Без добрив (контроль)	36,1	38,8	39,2	38,0	0,92
N ₃₀	36,2	39,0	39,8	38,3	0,91
N ₆₀	36,8	40,1	40,1	39,0	0,92
P ₆₀ K ₆₀	36,1	38,9	39,0	38,0	0,93
N ₆₀ K ₆₀	37,0	40,2	40,1	39,1	0,92
N ₆₀ P ₆₀	37,1	40,2	40,0	39,1	0,92
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	36,7	39,2	39,7	38,5	0,92
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	37,2	40,2	40,2	39,2	0,93
N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	37,1	40,3	40,1	39,2	0,92
N ₆₀ P ₆₀ K ₃₀	37,2	40,2	40,2	39,2	0,93
N ₆₀ P ₃₀ K ₆₀	37,2	40,3	40,1	39,2	0,92
З інокуляцією (фактор В)					
Без добрив (контроль)	37,1	39,4	39,3	38,6	0,94
N ₃₀	37,5	39,8	39,7	39,0	0,94
N ₆₀	38,1	40,2	40,0	39,4	0,95
P ₆₀ K ₆₀	37,2	39,4	39,1	38,6	0,94
N ₆₀ K ₆₀	38,2	40,2	40,0	39,5	0,95
N ₆₀ P ₆₀	38,3	40,3	40,2	39,6	0,95
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	37,9	39,9	39,9	39,2	0,95
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	38,5	40,4	40,1	39,7	0,95
N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	38,2	40,2	40,2	39,5	0,95
N ₆₀ P ₆₀ K ₃₀	38,4	40,3	40,1	39,6	0,95
N ₆₀ P ₃₀ K ₆₀	38,5	40,3	40,0	39,6	0,96
HIP ₀₅	A	1,0	1,1	1,0	–
	B	0,8	0,9	0,7	–

Внесення азоту та фосфору в дозі 60 кг/га та зменшення дози калію до 30 кг/га дав рівень білка 39,2 %, що вказує на оптимальну взаємодію цих елементів. Комбінація азоту і калію в дозі 60 кг/га та зменшення дози фосфору 30 кг/га, де вміст білка становить 39,2 %, є одним із найвищих показників серед усіх варіантів без інокуляції.

Також розглянемо показники вмісту білка в насінні на тлі інокуляції. Контроль без добрив, де інтенсивність азотфіксації під впливом інокуляції підвищує рівень білка до 38,6 %, що більше, ніж у варіанті без інокуляції на 2 %. Внесення азоту в дозі 30 кг/га разом з інокуляцією збільшує рівень білка до 39,0 %, що свідчить про позитивну взаємодію азотних добрив та інокуляції. Внесення азоту в дозі 60 кг/га з інокуляцією значно підвищує рівень білка до

39,4 %, що є одним із найкращих результатів. Фосфор і калій по 60 кг/га в поєднанні з інокуляцією забезпечують рівень білка на рівні 38,6 %. Він схожий до варіанту без інокуляції, але з трохи вищими показниками завдяки азотфіксації. Комбінація азоту і калію по 60 кг/га та інокуляції забезпечує рівень білка на рівні 39,5 %, що свідчить про значний вплив азотфіксуючих бактерій та макроелементів. Поєднання азоту та фосфору по 60 кг/га з інокуляцією підвищує вміст білка до 39,6 %, що є одним із найкращих результатів дослідження. Комбінація всіх трьох елементів у дозі 30 кг/га кожного разом з інокуляцією підвищує рівень білка до 39,2 %.

Найінтенсивніший варіант з інокуляцією 60 кг/га кожного елемента показує найвищий рівень білка – 39,7 %. Це демонструє максимальну ефективність інтенсивних добрив у поєднанні з інокуляцією. Внесення азоту в дозі 60 кг/га та зменшених доз фосфору і калію разом з інокуляцією забезпечують рівень білка на рівні 39,6 %, що підтверджує ефективність цього варіанту. Поєднання азоту та фосфору 60 кг/га з меншою кількістю калію 30 кг/га і інокуляцією підвищує рівень білка до 39,5 %. Внесення азоту і калію в повній дозі та зменшеної кількості фосфору в поєднанні з інокуляцією показує високий рівень білка 39,6 % підтверджуючи ефективність збалансованої системи удобрення з інокуляцією.

Подібно до врожайності насіння сої змінювався збір білка залежно від досліджених чинників (табл. 3). При цьому необхідно відзначити, що перевагу мало застосування систем, які включали внесення 30 кг/га д. р. азотних добрив. За внесення $N_{30}P_{30}K_{30}$ збір білка становив 1177 кг/га, а на тлі проведення інокуляції – 1390 кг/га. Застосування подвійної дози мінеральних добрив істотно не збільшувало цей показник.

Основні мінеральні добрива (азот, фосфор, калій) мають значний вплив на вміст білка в насінні сої. Зокрема, використання азоту, особливо у високих дозах, таких як N_{60} , суттєво підвищує вміст білка у порівнянні з контрольними варіантами без добрив. Це свідчить про важливість азотного живлення для активізації азотного метаболізму у сої, що сприяє синтезу білків у рослині. Проте найбільший ефект спостерігається при використанні збалансованих систем удобрення, які включають всі три елементи живлення (азот, фосфор і калій), що забезпечують рослинам оптимальні умови для розвитку.

Також слід зазначити роль інокуляції в дослідженнях. Результати досліджень показують, що комбінація інокуляції з мінеральними добривами дає суттєво вищі показники вмісту білка в порівнянні з варіантами, де інокуляція не проводилася. Наприклад, інокуляція у поєднанні з інтенсивними схемами удобрення (як у варіантах $N_{60}P_{60}K_{60}$) забезпечує найвищий вміст білка у насінні. Таким чином, інокуляція є критичним елементом для підвищення якості врожаю сої. Соя, будучи однією з найважливіших білкових культур, формує продуктивність від багатьох факторів, зокрема від системи живлення, яка безпосередньо впливає на якість врожаю, зокрема на вміст білка [13]. Проведене дослідження щодо впливу різних систем удобрення та інокуляції на вміст білка в насінні сої дає важливі висновки, які можуть бути використані для оптимізації технологій вирощування цієї культури.

Табл. 3. Збір білка з урожаю насіння сої залежно від удобрення та інокуляції, кг/га

Варіант досліджу (фактор А)	Урожайність, т/га				Індекс стабільності
	2022 р.	2023 р.	2024 р.	середня	
Без інокуляції (фактор В)					
Без добрив (контроль)	805	1397	545	916	0,39
N ₃₀	1173	1529	617	1106	0,40
N ₆₀	1244	1664	654	1187	0,39
P ₆₀ K ₆₀	895	1509	554	986	0,37
N ₆₀ K ₆₀	1273	1692	658	1208	0,39
N ₆₀ P ₆₀	1265	1749	664	1226	0,38
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	1211	1693	627	1177	0,37
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1313	1853	663	1276	0,36
N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	1295	1842	670	1269	0,36
N ₆₀ P ₆₀ K ₃₀	1309	1829	663	1267	0,36
N ₆₀ P ₃₀ K ₆₀	1306	1850	666	1274	0,36
З інокуляцією (фактор В)					
Без добрив (контроль)	1020	1631	558	1070	0,34
N ₃₀	1414	1811	631	1285	0,35
N ₆₀	1494	1853	660	1336	0,36
P ₆₀ K ₆₀	1123	1789	571	1161	0,32
N ₆₀ K ₆₀	1520	1897	668	1362	0,35
N ₆₀ P ₆₀	1509	1983	679	1390	0,34
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	1452	2035	682	1390	0,34
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1567	2105	674	1449	0,32
N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	1536	2074	679	1430	0,33
N ₆₀ P ₆₀ K ₃₀	1559	2092	682	1444	0,33
N ₆₀ P ₃₀ K ₆₀	1555	2096	684	1445	0,33

Висновки. Продуктивність сої значно залежить від застосування азотних добрив, ефективність яких змінюється від особливостей погодних умов упродовж вегетаційного періоду. В системі удобрення ефективним є застосування 30 кг/га д. р. азотних добрив. Так, у сприятливішому 2023 р. врожайність насіння становить 3,92 т/га, а в менш сприятливішому 2024 р. – 1,55 т/га. Проведення інокуляції при цьому забезпечує 0,04–0,63 т/га приросту врожаю насіння залежно від погодних умов. Вміст білка зростає від 36,1–39,2 % у варіанті без добрив до 36,2–39,8 % за внесення N₃₀. Застосування інокуляції забезпечує підвищення вмісту білка до 37,5–39,8 %.

Література:

1. Любич В. В. Формування продуктивності різних гібридів кукурудзи. *Збірник наукових праць Уманського НУС*. 2020. Вип. 97. С. 32–44.
2. Serafin-Andrzejewska M., Jama-Rodzeńska A., Helios W. *et al.* Influence of

nitrogen fertilization, seed inoculation and the synergistic effect of these treatments on soybean yields under conditions in south-western Poland. *Sci Rep*. 2024. Vol. 14. 6672.

3. Любич В. В., Новіков В. В., Лещенко І. А. Технологічні властивості зерна різних видів пшениці залежно від генотипу. *Таврійський науковий вісник*. 2020. Вип. 114. С. 63–69.

4. Дідович С. В., Туріна О. Л. Вплив поліфункціональних мікробних препаратів на структурно-динамічні особливості мікробіоценозу і продуктивність бобових культур. *Агробіологія*. 2015. № 1. С. 52–55.

5. Любич В. В. Круп'яні властивості зерна пшениці спельти залежно від сорту. *Збірник наукових праць Уманського НУС*. 2021. Вип. 99. С. 146–161.

6. Молдован В.Г., Молдован Ж.А., Собчук С.І. Формування врожаю сої залежно від технологічних елементів вирощування в умовах Правобережного Лісостепу України. *Вісник ЖНАЕУ*. 2015. № 2(50). Т. 1. С. 279–285.

7. Fogelberg F. Soybean (*Glycine max*) cropping in Sweden—influence of row distance, seeding date and suitable cultivars. *Acta Agric. Scand. Sect. B-Soil Plant Sci*. 2021. Vol. 71(5). P. 311–317.

8. Шевніков М. Я., Міленко О. Г. Якісні показники насіння сої залежно від впливу мінеральних і бактеріальних добрив. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2014. № 4. С. 25–29.

9. Ciampitti I. A., Salvagiotti F. New insights into soybean biological nitrogen fixation. *Agron. J*. 2018. Vol. 110. P. 1185–1196.

10. Panasiewicz K., Faligowska A., Szymańska G., Ratajczak K., Sulewska H. Optimizing the amount of nitrogen and seed inoculation to improve the quality and yield of soybean grown in the southeastern baltic region. *Agriculture*. 2023. Vol. 13. P. 798.

11. Калантир В. В., Господаренко Г. М., Любич В. В., Железна В. В. Формування індивідуальної продуктивності пшениці твердої озимої за її структурними складовими залежно від системи удобрення. *Агробіологія*. 2021. №2. С. 65–74.

12. Campo R. J., Araujo R. S., Hungria M. Nitrogen fixation with the soybean crop in Brazil: Compatibility between seed treatment with fungicides and bradyrhizobial inoculants. *Symbiosis*. 2009. Vol. 48. P. 154–163.

13. Господаренко Г. М., Любич В. В. Алелопатія рослинних решток на посівні властивості зерна пшениці м'якої озимої. *Збірник наукових праць Уманського НУС*. 2021. Вип. 97. С. 246–254.

References:

1. Liubych, V. V. (2021). Grain properties of spelt wheat grain depending on the variety. *Collection of scientific works of Uman National University of Horticulture*, no. 99, pp. 146–161. [in Ukrainian].

2. Serafin-Andrzejewska, M., Jama-Rodzeńska, A., Helios, W. et al. (2024). Influence of nitrogen fertilization, seed inoculation and the synergistic effect of these treatments on soybean yields under conditions in south-western Poland. *Sci Rep*, no. 14, 6672.

3. Liubych, V. V., Novikov, V. V., Leshchenko, I. A. (2020). Technological properties of grain of different types of wheat depending on the genotype. *Tavria Scientific Bulletin*, no. 114, pp. 63–69. [in Ukrainian].

4. Didovich, S. V., Turina, O. L. (2015). The influence of multifunctional microbial preparations on the structural and dynamic features of the microbiocenosis

and the productivity of leguminous crops. *Agrobiology*, no. 1, pp. 52–55. [in Ukrainian].

5. Liubych, V. V. (2020). Formation of productivity of different corn hybrids. *Collection of scientific works of Uman National University of Horticulture*, no. 97, pp. 32–44. [in Ukrainian].

6. Moldovan, V. G., Moldovan, Zh. A., Sobchuk, S. I. (2015). Soybean yield formation depending on the technological elements of cultivation in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Bulletin of the ZhNAEU*, no. 2(50), pp. 279–285. [in Ukrainian].

7. Fogelberg, F. (2021). Soybean (*Glycine max*) cropping in Sweden—influence of row distance, seeding date and suitable cultivars. *Acta Agric. Scand. Sect. B-Soil Plant Sci.*, no. 71(5), pp. 311–317.

8. Shevnikov, M. Ya., Milenko, O. G. (2014). Qualitative indicators of soybean seeds depending on the influence of mineral and bacterial fertilizers. *Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*, no. 4, pp. 25–29. [in Ukrainian].

9. Ciampitti, I. A., Salvagiotti, F. (2018). New insights into soybean biological nitrogen fixation. *Agron. J.*, no. 110, pp. 1185–1196.

10. Panasiewicz, K., Faligowska, A., Szymańska, G., Ratajczak, K., Sulewska, H. (2023). Optimizing the amount of nitrogen and seed inoculation to improve the quality and yield of soybean grown in the southeastern baltic region. *Agriculture*, no. 13, pp. 798.

11. Kalantyr, V. V., Gospodarenko, G. M., Liubych, V. V., Zhelezna, V. V. (2021). Formation of individual productivity of durum winter wheat by its structural components depending on the fertilization system. *Agrobiology*, no. 2, pp. 65–74. [in Ukrainian].

12. Campo, R. J., Araujo, R. S., Hungria, M. (2009). Nitrogen fixation with the soybean crop in Brazil: Compatibility between seed treatment with fungicides and bradyrhizobial inoculants. *Symbiosis*, no. 48, pp. 154–163.

13. Gospodarenko, G. M., Liubych, V. V. (2021). Allelopathy of plant residues on the sowing properties of soft winter wheat grain. *Collection of scientific works of Uman National University of Horticulture*, no. 97, pp. 246–254. [in Ukrainian].

Annotation

Yarovyi Ya. O.

Productivity of soybean depending of fertilizing and inoculation

Purpose. *To determine the formation of soybean productivity depending on fertilization and inoculation.*

Methods. *Field, measurement, calculation-comparative, analysis, statistical.*

Results. *The results of the studies show that the yield of soybean seeds varied most from weather conditions and fertilization. Least from the use of inoculation. On average, over three years of research, the yield increased from 2.50 to 3.03 t/ha for the application of N₃₀ and to 3.19 t/ha for the application of N₆₀. The use of complete mineral fertilizer at a dose of N₃₀P₃₀K₃₀ increased this indicator to 3.20 t/ha or by 6 %, and N₆₀P₆₀K₆₀ – to 3.40 t/ha or by 7 % compared to nitrogen systems. The least yield increased from the use of phosphorus and potassium fertilizers. Variants with incomplete return of phosphorus and potassium fertilizers did not significantly reduce grain yield compared to complete mineral fertilizer. Similar to the yield of soybean seeds, protein yield changed depending on the studied factors. It should be noted that*

the advantage was given to the use of systems that included the application of 30 kg/ha of nitrogen fertilizers. When applying N₃₀P₃₀K₃₀, the protein yield was 1177 kg/ha, and against the background of inoculation – 1390 kg/ha. The use of a double dose of mineral fertilizers did not significantly increase this indicator.

Conclusions. *Soybean productivity depends significantly on the use of nitrogen fertilizers, the effectiveness of which varies depending on characteristics of weather conditions during the growing season. In fertilization system, the use of 30 kg/ha of nitrogen fertilizers is effective. Thus, in the more favorable 2023, the seed yield is 3.92 t/ha, and in the less favorable 2024 – 1.55 t/ha. Inoculation provides 0.04–0.63 t/ha of seed yield increase depending on weather conditions. The protein content increases from 36.1–39.2 % in the case without fertilizers to 36.2–39.8 % with the application of N₃₀. The use of inoculation provides an increase in protein content to 37.5–39.8 %.*

Key words: *fertilization system, protein content, yield, protein collection, inoculation.*

УДК: 634.54:631.811.98:57:581

DOI: 10.32782/2415-8240-2024-105-1-278-286

ЕКОЛОГО-БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ НАСІННЕВОГО РОЗМНОЖЕННЯ ЛІЩИНИ ГОРІХОВОЇ В УМОВАХ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

О.А. БАЛАБАК¹, доктор сільськогосподарських наук

А. М. ЗАЛІЗНЯК^{1,2}, здобувач третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти (доктор філософії)

¹Уманський національний університет садівництва

²Національний дендрологічний парк «Софіївка» НАН України

*Наведено результати досліджень насінневого розмноження форм ліщини горіхової (*Corylus colurna* L.) та проаналізовано вплив факторів попередньої підготовки та строків сівби горіхів. З'ясовано, що схожість насіння та подальший розвиток сіянців ліщини горіхової залежать від строків сівби, способів підготовки горіхів та еколого-біологічних особливостей. При проведенні осінньої сівби горіхів з плюскою отримані сіянці значно перевищують за габітусом розвитку надземної і кореневої систем ті сіянці, що одержані в варіантах дослідів за осінньої та весняної сівби насіння без плюски. Разом з тим, якісні та кількісні показники схожості насіння та розвитку сіянців децю різнилися в залежності від таксономічної форми рослини.*

Ключові слова: *форми ліщини горіхової, насіння, горіхи, строки сівби, сіянці, коренева шийка, плюскла, стратифікація.*

Вступ. Ліщина горіхова (*Corylus colurna* L.) в Україні – це перспективна та, разом з тим, малопоширена плодова та декоративна культура з причини недостатньої вивченості еколого-біологічних особливостей росту і розвитку рослин, відсутності адаптованих до конкретних ґрунтово-кліматичних умов