

МОН УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
(УНУС)

Факультет агрономії
Кафедра агрохімії і ґрунтознавства

Допущено до захисту

« ____ » _____ 2024 р.

Зав. кафедри, к. с.-г. н., доцент

_____ Олена ЧЕРНО

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ступеня вищої освіти магістр

ВПЛИВ РІВНЯ ФОСФОРНО-КАЛІЙНОГО УДОБРЕННЯ НА
ВРОЖАЙНІСТЬ СОЇ В ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ

Виконав: студентка II курсу, групи 23 м-а
спеціальності 201 Агрономія
ВЕРГЕЛЕС Олександр Олегович

Керівники: Григорій ГОСПОДАРЕНКО,
д. с.-г. н., професор
Ліна МУСІЄНКО,
доктор філософії, викладач

Умань – 2024

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
РОЗДІЛ 1. ОСОБЛИВОСТІ ПОТРЕБИ МІНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕННЯ СОЇ (огляд літератури).....	5
РОЗДІЛ 2. ОБ’ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ (особливості сорту Легенда).....	12
РОЗДІЛ 3. УМОВИ І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ	13
3.1. Характеристика ґрунту під дослідом.....	13
3.2. Погодні умови.....	14
3.3. Схема досліду та розміщення варіантів	15
3.4. Агротехнологія вирощування сої.....	16
3.5. Програма досліджень і методика їх проведення	17
РОЗДІЛ 4. ВПЛИВ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ І ІНОКУЛЯЦІЇ НА ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СОЇ.....	19
4.1 Зміна агрохімічних показників ґрунту під посівами сої...	19
4.2 Формування азотфіксувального апарату.....	20
4.3 Динаміка наростання листкового апарату	23
4.4 Забезпеченість рослин азотом	25
4.5. Урожайність і якість насіння.....	27
РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ СОЇ	30
РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ...	32
6.1. Особливості охорони праці та моделювання виробничих небезпек під час вирощування сої.....	32
6.2. Охорона навколишнього природного середовища під час застосування пестицидів і добрив.....	35
ВИСНОВКИ	37
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	38
ДОДАТКИ.....	45

ВСТУП

Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи. Сою сміливо можна назвати культурою ХХІ століття [20]. За останнє десятиріччя вона має високі темпи приросту виробництва. Нині за виробництвом сої нашої країні належить перше місце серед європейських країн та восьме у світі. Найбільше посівів розміщено в Лісостеповій природно кліматичній зоні [47]. У середньому на зону Лісостепу припадає 65 % посівів сої, Степу – 25, на Полісся – 10 % [17, 23].

Щоб отримати високі врожаї сої, необхідно створити оптимальні умов для реалізації її генетичного потенціалу, що закладений в її генотипі. Однією з головних умов у вирішенні цієї проблеми належить мінеральному живленні [15]. Адже внесення науково-обґрунтованої дози добрив та оптимально підібране співвідношення між основними елементами живлення може впливати на ріст і розвиток рослин сої упродовж вегетації.

Вирощування сої надає можливість включенню в процес сільськогосподарського виробництва атмосферного азоту, поліпшує фізичні та хімічні властивості ґрунту, фітосанітарний стан посівів і значно підвищує продуктивність одиниці сівозмінної площі [6, 14, 55, 62, 63, 69]. Завдяки вищевказаним особливостям і високій врожайності порівняно з іншими однорічними зернобобовими та олійними культурами, сої належить перше місце у світі як за посівними площами, так і за валовим збором врожаю [19, 36, 44].

Наукова новизна отриманих результатів полягає у встановленні впливу різних видів добрив на продуктивність посівів сої на чорноземі опідзоленому важкосуглинковому в умовах Маньківського природно-сільськогосподарського району Правобережного Лісостепу. Також актуальним і своєчасним є оптимізація поєднання мінерального удобрення з бактеріальними препаратами, оскільки вона залишається недостатньо вивченою.

Удосконалено вибір видів і доз добрив для системи удобрення сої з їх обґрунтуванням оптимальних доз.

Дістало подальший розвиток можливість зниження доз мінеральних добрив під сою та обґрунтування впливу цих доз удобрення на якісні показники насіння сої.

Апробація результатів досліджень. Основні результати досліджень були продемонстровані на студентському науковому гуртку кафедри агрохімії і ґрунтознавства Уманського НУС та опубліковано у збірнику тез Всеукраїнської науково-практичної конференції «Актуальні питання агротехнологій», присвяченій 150-річчю академіка О. І. Душечкіна.

РОЗДІЛ 1.

ОСОБЛИВОСТІ ПОТРЕБИ МІНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕННЯ СОЇ (огляд літератури)

У зв'язку з необхідністю підвищення обсягів виробництва насіння сої виникає питання пошуку найбільш ефективних прийомів підвищення її врожайності. Одним із важелів впливу на врожайність є застосування мінеральних добрив [13, 16, 60, 66], частка участі яких на формування врожаю сої за даними різних вчених може становити від 30 до 41 % [6].

У цілому, питання застосування мінеральних добрив під сою в аграрній сфері висвітлені досить детально, але часто погляди вчених на цю проблему неоднозначні [5, 60, 64]. Це пов'язано з тим, що сої притаманна складна взаємодія з чинниками зовнішнього середовища, обумовлена здатністю рослин до споживання атмосферного азоту та низкою специфічних реакцій на погіршення умов вирощування впродовж вегетації. До причин специфічної реакції сої на удобрення відносять тривалий період від фази цвітіння до плодоношення, впродовж якого зовнішні абіотичні умови істотно змінюються, що значно впливає на інтенсивність та обсяг засвоювання поживних речовин, у першу чергу таких, як азот, фосфор і сірка [50]. Однак, більша частина вчених вважають, що система удобрення сої має розроблятися відповідно до її потреб у поживних елементах упродовж періоду вегетації [10, 11, 13, 35, 45].

Соя досить вимоглива культура щодо наявності в ґрунті елементів живлення та має високу потребу в збалансованому мінеральному живленні. Особливо виражається потреба в оптимальному забезпеченні елементами живлення рослин у критичні періоди вегетації такі, як цвітіння–формування бобів. Нестача будь якого з елементів в цей час може призвести до абортивності квіток, зав'язей та утворенні малої кількості та недостатньо виповненого насіння [9, 45]. Слід звернути увагу, що сучасні високоінтенсивні сорти формують високу продуктивність лише за оптимального співвідношення між

елементами живлення, що можна досягти застосуванням мінеральних добрив [16, 40].

Упродовж періоду вегетації спостерігається нерівномірне поглинання рослинами сої основних елементів живлення. На початку вегетації, наприклад від сходів до настання фази цвітіння, вона розвивається повільно тому використовується незначна кількість поживних речовин. У цей період найбільше потребується рослиною калію, дещо менше азоту і ще менше фосфору (відповідно – 24–26 %, 16–17 і 8–12 % від загального споживання рослинами сої за вегетацію) [16, 31]. Стверджується [72], що обсяг засвоєних макроелементів у зазначений час не перевищує, відповідно 7,6–9,4 %, 5,9–6,8 та 4,6–4,7 %. За даними А. О. Бабича [6] значення дещо більші й становлять – 16,6 % азоту, 10,4 % фосфору та 24,7 % калію. Вказується й на інші показники [14] – відповідно 6–7 %, 5–6 та 7–10 %.

Починаючи з фаз цвітіння, формування та наливу бобів рослини сої збільшують потребу в елементах живлення – А. О. Бабич [6] вказує на цифри до 78,4 % азоту, 50,0 – фосфору, 82,1 % калію. За даними В. Ямкового [72] – до 57,9–59,7 % азоту, 59,4–64,7 – фосфору і 66,0–70,0 % калію. За даними О. М. Бахмата [14] відповідно – до 58–60, 60–65 і 65–70 %.

У наступні фази, від наливу бобів до кінця досягання спостерігається зниження інтенсивності поглинання соєю макроелементів – за даними Ямкового В. [72] до 33,7–36,3 % азоту, 30,6–36,0 – фосфору та 22,9–26,4 % калію. За даними О. М. Бахмата [14] – відповідно ці показники становлять – до 30–35 %, 30–35 та 20–25 %.

Що стосується азотного живлення, то найбільш чутливі рослини сої до нього впродовж періоду за 2–3 тижні до та два тижні після цвітіння. В цей час дефіцит азоту призводить до різкого зниження врожайності, яку вже неможливо компенсувати внесенням їх у більш пізні фенологічні фази [3]. У цей період спостерігається засвоєння до 5 кг/добу азоту. Азот відносять до найважливіших елементів живлення, який спонукає ростові процеси, входить

до складу білків, нуклеїнових кислот, хлорофілу, фосфатидів та інших органічних речовин рослинних клітин [7, 8].

Відомі три шляхи надходження азоту до рослини сої: використання ґрунтового азоту, азоту атмосфери та з мінеральних добрив [14, 40, 56, 58]. Існує залежність кількості засвоєння азоту з атмосфери від вмісту його в ґрунті – чим бідніший ґрунт, тим інтенсивніша азотфіксація, тому знизивши рівень ґрунтового азоту до 41–80 мг/кг, істотно стимулюється симбіотична азотфіксація [7].

У значній кількості проявляється потреба сої в калійних добривах, оскільки він відповідає за такі процеси, як регулювання синтезу білка, підтримання водного балансу, азотний обмін, перерозподіл вуглеводів, підвищення стійкості рослин до захворювань і вилягання, поліпшення засвоєння ними азоту та фосфору. Порівняно з цими макроелементами, калію характерна більш швидка міграція до рослинного організму [7, 55].

Найбільше використання калію спостерігається через 87–95 діб після сходів [2], а за два-три тижні до настання фази досягання насіння припиняється [55]. За даними А. О. Баби́ча [6], після закінчення фази цвітіння соя споживає калій в 1,5 рази більше, ніж азоту (у межах 18,5–20,1 %), однак, у порівнянні до періоду досягання, рівень засвоєння калію відносно азоту, навпаки, знижується (26,4–18,9 %). На думку багатьох учених [6, 7, 9], самі калійні добрива вирішального впливу на ріст і розвиток рослин сої не несуть, однак, поряд з внесенням азотних і фосфорних, сприяють формуванню досить високих врожаїв.

Порівняно з рівнем потреби азоту та калію, фосфору рослина поглинає в найменшій кількості. У рослинах сої цей макроелемент входить до складу мінеральних та органічних речовин, а також нуклеопротейдів і нуклеїнових кислот, яким відведене важливе значення у синтезі білка, розмноженні та рості рослин, формуванні якісних показників та передачі спадкових ознак [55]. Нестача цього елемента призводить до уповільнення темпів росту рослин і

збільшення площі їх листкової поверхні, що призводить до істотного зниження врожаю [2].

Вже з 3–5 доби після проростання насіння починається засвоєння рослиною фосфору, по настанню фази формування бобів спостерігається максимальний рівень поглинання (до 0,45 кг/добу), а за 10 діб до повної стиглості насіння – припиняється [2, 6, 8]. Характерною особливістю для сої є інтенсивне споживання більшої частини фосфору на ранніх етапах розвитку і тимчасове його накопичення про запас у вегетативних органах, у подальшому спостерігається переміщення його з листків, стебел і черешків у насіння [6, 7, 9]. В умовах оптимального зволоження спостерігається у два-три рази вища інтенсивність засвоєння цього елементу живлення, ніж під час посухи [2]. Потреба сої у фосфорі задовольняє виключно завдяки ґрунтових запасів і внесення фосфорних добрив [6, 62, 67].

Багато вчених стверджують [2, 7, 48], що збалансоване фосфорне і калійне живлення збільшує масу та кількість бульбочок, поліпшує розвиток кореневої системи рослин, ефективність симбіозу та олійність насіння, сприяє зменшенню ураженості рослин хворобами, що сприяє підвищенню врожайності культури.

Також, для дозального росту та розвитку рослин сої і формування високого та якісного врожаю, важливе значення надається оптимальному забезпеченні її рослин такими макро- й мікроелементами, як: магній, кальцій, сірка, молібден, манган, цинк, мідь та бор [6]. Нестача цих елементів приводить до зниження ефективності азотфіксації, стійкості рослин до хвороб, величини врожаю та його якісних властивостей [2, 46]. Також, ефективним заходом для підвищення продуктивності сої є внесення органічних добрив [6, 55, 56].

За даними [6, 11], для формування 1 т насіння, соя витрачає близько 72–100 кг азоту, 17–40 кг фосфору, 22–44 кг калію, 18–21 кг кальцію та 8–10 кг магнію. Але за даними В. В. Лихочвора [48], ці цифри витрат поживних речовин дещо нижчі та становлять: азоту – 65–75 кг, фосфору – 13–17 кг, калію 18–22 кг. Дослідження вчених Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН показали, що соя сорту Київська-27 на сірих лісових

середньосуглинкових ґрунтах для формування 1 т насіння та відповідної кількості соломи використала 73–78 кг азоту, 24–25 кг фосфору, 29–36 кг калію та 24–26 кг кальцію [61]. Найбільше винесення азоту для формування врожаю, порівняно з іншими елементами живлення сої, можна пояснити високим вмістом білка в її насінні [2]. В то же час, соя залишає після себе близько 60–150 кг/га біологічно фіксованого азоту, який може використовуватися наступними культурами на 90–100 %, у той час як засвоєння мінерального азоту становить лише 50–60 %, а також 20–25 кг/га фосфору та 30–40 кг/га калію [18, 54].

Мінеральні добрива мають істотний вплив на фізіологічні процеси у рослині та ефективність симбіозу, їхні дози і строки внесення значно різняться, залежно від рівня запланованого врожаю, типу ґрунту та його агрохімічної характеристики, сортових особливостей, удобрення попередньої культури, умов вологозабезпеченості тощо [31, 66, 68].

Що стосується внесення фосфорних і калійних добрив під сою, то єдина думка відсутня, одні вчені вважають, що потреба у фосфорі та калії може задовольнятися самостійно, що пояснюють високою здатністю її кореневої системи засвоювати ці елементи з важкодоступних форм у ґрунті [1]. Інші вчені вважають, що рослини сої позитивно реагуватимуть на внесення фосфорних і калійних добрив [13].

Вчені [45] висловили думку, що ефективною для сої є внесення під основний обробіток ґрунту $P_{45-60}K_{45-60}$. За результатами їх досліджень, внесення $P_{30}K_{30}$ та $P_{90}K_{90}$ сформувало врожайність насіння сорту Устя на рівні 2,45 та 2,77 т/га та забезпечило приріст відносно контрольного варіанту відповідно, 0,26 та 0,58 т/га або 11,9 і 26,5 %.

Вказується [2], що за вмісту калію в ґрунті в доступній формі менше ніж 85 кг/га є ефективним внесення калійних добрив, а фосфорних добрив – 45 кг/га.

За даними досліджень А. Г. Глушак [24], підвищенню врожаю сприяло внесення P_{45} – на 0,51–0,58 т/га, застосування лише калійних добрив не

впливало на збільшення його рівня відносно контролю. Максимально приріст урожайності збільшувало сумісне застосування азотних, фосфорних та калійних добрив – на 0,19–0,80 т/га, що в свою чергу підтверджує вищу ефективність застосування повного мінерального удобрення [2].

У дослідях проведених А. О. Бабичем [7], внесення $N_{60}P_{60}K_{60}$ забезпечило формування врожайності сої на рівні 1,95 т/га, внесення $N_{60}P_{90}K_{90}$ – 2,14 т/га, в той час на неудобрених ділянках – лише 1,65 т/га. Також вчений стверджував, що екологічно більш виправданим буде поєднання застосування ризоторфіну на тлі внесення фосфорних і калійних добрив, ніж лише повного мінерального добрива [8].

Значний вплив на біохімічний склад насіння сої мають фосфорні та калійні добрива. Внесення $P_{45}K_{120}$ під передпосівну культивуацію збільшувало вихід олії на 0,42 т/га та сирого протеїну на 0,56 т/га, порівняно з варіантами без удобрення [34].

Як і для всіх зернобобових культур, так і для сої, важлива роль для формування високої продуктивності належить умовам ґрунтового живлення азотом. До 50–70 % своїх потреб ця культура здатна забезпечувати молекулярним азотом атмосфери, внаслідок дії симбіозу бульбочкових бактерій з рослинами [59]. Тому, найбільш суперечливим та дискусійним є питання використання азотних добрив під сою, тому що для створення, наприклад, бездефіцитного балансу в ґрунті фосфору і калію можна точно розрахувати необхідні дози їх внесення. Що стосується азоту, то такий підхід зовсім неможливий, тому що для нього характерний більш складний цикл перетворень у природі, а тому при розрахунках дози азотних добрив варто відштовхуватись від реальних масштабів використання біологічного азоту [6]. Суперечності, які виникають навколо азотного живлення сої спричинені відмінностями ґрунтово-кліматичних умов та її біологічними особливостями, в яких проводилися дослідження різних вчених [50].

Ефективність добрив сильно залежить від строків їх внесення. Зазвичай вважається, що внесення мінеральних добрив є найбільш ефективним у два

етапи: перший – під основний обробіток ґрунту $2/3$ від їх загальної кількості, другий – $1/3$ у підживлення рослин [55, 64]. Позитивний дія роздрібного внесення добрив пояснюється тим, що основна кількість поживних елементів поглинається в період від цвітіння до наливу насіння, коли їх запаси у ґрунті знаходяться на низькому рівні. Тому, наприклад для створення бездефіцитних умов за вмістом азоту для росту й розвитку рослин, ще на початку вегетації потрібно забезпечити їх достатньою кількістю мінерального азоту і надалі корегувати потребу в азоті відповідно до потреб рослин [40, 53, 57].

Інтенсивність засвоєння рослинами азоту з добрив змінюється залежно від строків їх внесення – за внесення їх до сівби коефіцієнт його використання буде понад 60 %, а за внесення, як підживлення – понад 80 % [55]. На перезволожених ґрунтах упродовж вегетації рослин важливого значення набуває підживлення сої азотними добривами, коли відбувається погіршення процесу азотфіксації через відмирання більш активної частини коренів внаслідок анаеробіозу [37].

Отже, одним з найефективніших технологічних прийомів, що впливають на якість насіння та рівень урожайності сої, є система удобрення. З урахуванням біологічної здатності цієї культури до поглинання фосфору із важкодоступних сполук ґрунту та споживання симбіотичного азоту, використання мінеральних добрив під сою є досить специфічним. Тому лише правильний підхід до формування системи удобрення та технології вирощування сої дасть можливість реалізувати потенціал продуктивності та якості її насіння.

РОЗДІЛ 2.

ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ (особливості сорту Легенда)

Дослідження проводилися з сортом української селекції Легенда. Оригінатор сорту – Інститут землеробства УААН. Внесений до Державного реєстру сортів рослин України в 2009 році.

Соя сорту Легенда є відмінним попередником для озимих у всіх природно-кліматичних зонах України, тому що відноситься до ультрашвидкостиглої групи за строками досягання. Період вегетації становить 75–85 днів.

Продуктивність сорту на богарі змінюється в межах – 2,2–2,5 т/га (за вологості 14 %); вміст сирого протеїну – 40–41 %; вміст олії – 19–21 %; M_{1000} насінин – 160–190 г; вирівняність насіння – 98 %; ураженість бобовою вогнівкою – 0-1 бал; ураженість аскохітозом, септоріозом, пероноспорозом – 0 балів.

Морфологічні ознаки: висота рослин – 70–75 см, детермінантний тип росту, насіння жовте, рубчик коричневий кількість вузлів на стеблі – 10–12 шт., висота прикріплення нижнього бобу – 10–12 см.

Характерною ознакою сорту Легенда є висока стійкість в період цвітіння та плодоутворення до пониження середньодобової температури.

Рекомендована ширина міжрядь – 15 см, густина посіву становить – 900–950 тис/шт. до 1 млн/га.

РОЗДІЛ 3.

УМОВИ І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1. Характеристика ґрунту під дослідом

Дослід розміщувався на дослідних ділянках кафедри агрохімії і ґрунтознавства Уманського національного університету садівництва, що розташовані в Черкаській області, в умовах стаціонарного польового досліді (№ 87 реєстрації НААН України), закладеного у 2011 році, розміщеному в Правобережному Лісостепу України. Географічні координатами за Гринвічем 48° 46' північної широти і 30° 14' східної довготи.

Результатами агрохімічних досліджень встановлено, що ґрунт на дослідних ділянках мав такі значення: низький вміст гумусу (3,78 %), слабокисла реакція ґрунтового середовища ($pH_{\text{ккл}}$ 5,9), низький вміст азоту легкогидролізовних сполук, високий вміст рухомих сполук фосфору та підвищений вміст калію (табл. 1).

Таблиця 1

Агрохімічні характеристики чорнозему опідзоленого

Показник		Глибина відбирання зразка, см	
		0–20	20–40
Вміст гумусу, %		3,78	3,72
$pH_{\text{ккл}}$		5,9	6,0
Гідролітична кислотність, смоль/кг		2,76	1,84
Ємність катіонного обміну, смоль/кг		27,3	27,3
Ступінь насиченості основами, %		89,4	92,9
Вміст рухомих сполук, мг/кг	N	108	103
	P ₂ O ₅	107,0	98,7
	K ₂ O	130,7	102,6
	S	5,5	4,1

Аналізуючи агрохімічні показники чорнозему опідзоленого дослідної

ділянки, можна зробити висновок, що він є придатним для вирощування основних польових культур, в тому числі і сої, за умови оптимізації живлення рослин. Йому притаманна висока родючість і за належного рівня агротехнології він здатний забезпечити отримання високих урожаїв районованих сортів і гібридів основних сільськогосподарських культур, у тому числі й сої.

Недоліком цього ґрунту можна назвати невисокий вміст азоту легкогідролізованих сполук, що можна ліквідувати під час розрахунку доз добрив і розроблення системи застосування добрив з врахуванням додаткового залучення азоту атмосфери.

3.2. Погодні умови

Дослід розташований в Уманському районі, який має помірно континентальний клімат. Спостерігаються м'які зими, з частими відлигами. Літо тепле, часто спекотне, опади зазвичай приходять із заходу. Середня температура повітря $+7-9^{\circ}\text{C}$. Середня мінусова температура січня $-3-5^{\circ}\text{C}$. Середня температура липня становить $+20^{\circ}\text{C}$. Період із середньодобовою температурою $+10^{\circ}\text{C}$ становить приблизно 160–170 діб. Опадів випадає 450–550 мм на рік. Середня багаторічна відносна вологість повітря знаходиться в межах 76 %.

Отже, у цілому кліматичні умови регіону можна вважати сприятливими для вирощування більшості польових культур. Проте в окремі роки можна спостерігати несприятливі умови (відлиги, низькі температури, льодові кірки, суховії, посухи, сильні грозові дощі), які можуть завдавати значної шкоди більшості сільськогосподарських культур.

На час проведення досліджень погодні умови були малосприятливі для вирощування більшості сільськогосподарських культур. Впродовж вегетаційного періоду спостерігалася посуха. Також спостерігалася збільшення температури повітря. Відносна вологість повітря має незначні зміни по роках дослідження (табл. 2).

Таблиця 2

Погодні умови на час проведення досліджень
(дані метеостанції Умань)

Показник	Місяці								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Кількість опадів, мм									
Середня багаторічна	38	34	36	41	52	81	68	49	61
2024 р.	29,8	14,9	89,5	56,2	41,8	56,5	17,9	17,7	12,1
Температура повітря, °C									
Середня багаторічна	-3,4	-2,3	2,5	9,7	15,4	19,0	20,9	20,1	14,5
2024 р.	-1,6	4,2	4,5	13,0	15,3	21,2	24,3	23,1	19,7
Відносна вологість повітря, %									
Середня багаторічна	86	85	82	68	64	66	67	68	73
2024 р.	84	80	76	67	57	69	60	56	56

3.3. Схема досліду та розміщення варіантів

Дослідження проводили в умовах стаціонарного польового досліду Уманського національного університету садівництва, закладеного у 2011 р.

Схема досліду

1. Без добрив (контроль);
2. $N_{60}P_{60}K_{60}$;
3. $N_{60}P_{30}K_{30}$;
4. $N_{60}P_{60}K_{30}$;
5. $N_{60}P_{30}K_{60}$.

Розміщення варіантів у досліді послідовне, у триразовій повторності. Загальна площа дослідної ділянки 100 м², облікова – 35 м². Відповідно до схеми досліду використовували такі види мінеральних добрив: азотні – аміачна селітра, фосфорні – суперфосфат гранульований і калійні – калій хлористий.

Фосфорні і калійні добрива вносилися під основний обробіток ґрунту, азотні – під передпосівну культивуацію.

Варіанти розміщені систематичним методом:



3.4. Агротехнологія вирощування сої

Після збирання попередника, а саме ячменю ярого, проводилося лушення стерні на глибину 6–8 см.

Восени, під основний обробіток, згідно схеми польового дослідів вносилися фосфорні і калійні добрива у вигляді суперфосфату гранульованого та калію хлористого. Оранка проводилася на глибину 24–26 см.

Навесні, з настанням фізичної стиглості ґрунту проводили вирівнювання зябу за допомогою шлейф-борони ШБ-25. Передпосівна культивуація проводилася на глибину загортання насіння. Згідно схеми досліджень, під передпосівну культивуацію, вручну вносили аміачну селітру.

За годину до сівби, половину насіння обробляли штамом бульбочкових бактерій (Оптимайз 400, РК) в дозі 1,8 л/т насіння. Сіяли 850 тис шт. насінин/га з міжряддям 15 см, на глибину до 6 см. Після сівби поле коткували кільчато-шпоровими котками.

Проти бур'янів застосовували ґрунтовий гербіцид Аватар, КЕ в дозі 2,0 л/га. З настанням фази трьох листків проти однодольних і дводольних бур'янів обприскували посівів сої гербіцидом Рінес, РК в дозі 1 л/га.

Збирали врожай сої у фазу повної стиглості прямим комбайнуванням.

3.5. Програма досліджень і методика їх проведення

Відбирання проб ґрунту і підготовку їх до аналізу виконували згідно з вимог ДСТУ 4287:2004 і ДСТУ ISO 11464:2007. У ґрунтових пробах визначали такі показники: вмісту загального вуглецю за методом Тюрина в модифікації Симакова згідно з ДСТУ 4289:2004; гідролітичну кислотність – за методом Каппена згідно ДСТУ 7537:2014; кислотність ґрунту pH_{KCl} – на іономірі згідно з ДСТУ ISO 10390-2007; вміст увібраних основ – згідно MBV 31-497058-007-2005; ємності катіонного обміну ґрунтом і насиченості основами – ДСТУ ISO 11260-2001; суму ввібраних основ – за методом Каппена-Гільковиця згідно ГОСТ 27821-88; вміст азоту легкогідролізованих сполук за методом Корнфілда згідно з ДСТУ 7863:2015; рухомі сполуки фосфору – вилученням їх розчином 0,5 Н оцтової кислоти з наступним фотоколориметруванням за модифікованим методом Чирикова згідно з ДСТУ 4115-2002; рухомі сполуки калію – вилученням їх розчином 0,5 Н оцтової кислоти на полуменовому фотометрі за модифікованим методом Чирикова згідно з ДСТУ 4115-2002.

Щоб визначити кількість бульбочок на кореневій системі рослин, брали 10 рослин з кожного варіанту дослідів у двох несуміжних повтореннях і підраховували їх кількість.

Площа листкової поверхні рослин сої в досліді визначалася методом висічок.

За допомогою портативного приладу N-tester визначали забезпеченість сої азотом з 30 рослин у двох несуміжних повтореннях [25].

Для оцінювання впливу удобрення та показники якості насіння культури визначали вміст білка й жиру методом інфрачервоної спектроскопії за використання приладу InfratecNova. Маса 1000 насінин – за ДСТУ ISO 520 [32].

Економічну ефективність вирощування культури розраховували за загальноприйнятими методиками, беручи до уваги витрати за технологічними картами та реалізаційні ціни III кварталу 2024 р.

Для статистичної обробки отриманих результатів досліджень і визначення достовірності досліджених експериментальних даних використовували

дисперсійний аналіз за методикою В. О. Єщенко та пакет стандартних програм (ПІК «Agrostat», MSOfficeExcel) та ін. [33].

РОЗДІЛ 4.

ВПЛИВ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ І ІНОКУЛЯЦІЇ НА ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СОЇ

4.1. Зміна агрохімічних показників ґрунту під посівами сої

Одним з основних чинників, що забезпечує стабільне живлення рослин і поліпшує агрохімічні показники ґрунту в агроценозах є раціональна система удобрення.

З даних табл. 3, шар ґрунту 0–20 см мав тенденцію до незначних змін вмісту гумусу під впливом мінеральних добрив. Це можна пояснити не тривалим періодом проведення дослідів, а також залишенням на полі нетоварної частини урожаю на добриво. Проте спостерігалась тенденція зміни pH_{KCl} на 0,1–0,3 од., що може свідчити про необхідність періодичного проведення підтримувального вапнування.

Таблиця 3

Зміна агрохімічних показників ґрунту в шарі 0–20 см під соєю після застосування мінеральних добрив у польовій сівоzmіні, 2024 р.

Варіант дослідів	Вміст гумусу, %	pH_{KCl}	Нг, смоль/кг	S, смоль/кг	ЄКО, смоль/кг	V, %	Вміст у ґрунті, мг/кг		
							N _{легк}	P ₂ O ₅	K ₂ O
Перед закладанням дослідів	3,78	5,90	2,76	24,8	27,3	90,0	108	107	130
Без добрив	3,69	5,63	2,83	24,5	27,2	89,6	98	92,4	124,4
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	3,76	5,64	3,02	24,2	27,0	88,9	106	119,0	143,4
N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	3,61	5,55	3,69	22,1	25,8	85,7	111	112,8	133,4
N ₆₀ P ₆₀ K ₃₀	3,82	5,61	3,28	22,9	26,4	87,5	116	115,1	132,0
N ₆₀ P ₃₀ K ₆₀	3,83	5,68	3,19	22,7	26,4	87,7	108	106,4	137,0

Застосування мінеральних добрив змінювало гідролітичну кислотність ґрунту в сторону збільшення від 2,76 до 3,69 смоль/кг залежно від варіанту дослідів. Ємність вбирання ґрунту майже не піддавалася змінам, тоді як ступінь насиченості основами знизився з 90,0 % до 85,7 % залежно від варіанту удобрення.

Найбільше зниження запасів гумусу – 0,17 т/га в шарі ґрунту 0–20 см було на ділянках дослідів з внесенням $N_{60}P_{30}K_{30}$.

Необхідно зазначити, що ґрунт дослідів має низький вміст азоту легкогідролізованих сполук навіть на тлі залишеної на добриво нетоварної частини врожаю та залишку атмосферного азоту після сівби бобової культури. Це свідчить про недостатнє застосування азотних добрив у системі удобрення культур.

За даними таблиці бачимо, що застосування фосфорних добрив в дозах 30–60 кг д. р. на 1 га площі сівозміни може дозволити підтримати вміст рухомих сполук фосфору у ґрунті на початковому рівні, тоді як у варіанті без добрив середньорічне зниження їх вмісту становить 14,6 мг/кг ґрунту.

Відомо, що чорнозем опідзолений має великі запаси калію [28], але у варіанті дослідів без їх внесення пройшло істотне зниження його вмісту – на 5,6 мг/кг. І це з урахуванням повернення значної кількості калію в ґрунт із соломою. Це ще раз свідчить про те, що недоцільно повністю відмовлятися від застосування калійних добрив.

4.2. Формування азотфіксувального апарату

Здатність сої до засвоєння азоту з атмосфери є однією із основних біологічних особливостей, як й інших зернобобових культур. Потенційно зернобобові в результаті симбіотичної азотфіксації можуть залишати від 130 до 390 кг азоту на 1 га [27]. За ефективного процесу симбіотичної азотфіксації продуктивність рослин може підвищуватися на 20–30 % і збільшуватися вміст білка в зерні на 2–6 % [62]. Отже, можна зробити висновок, що в результаті

симбіозу бактерій і сої може підвищуватися не лише врожайність насіння, але і його якість – збільшується вміст вітамінів, білка, жиру тощо [26]. Висока ефективність симбіозу обумовлена тим, що обидві сторони цього процесу постійно обмінюються метаболітами: бактерії експортують азот у тканини макросимбіонта, рослини постачають у бульбочки продукти фотосинтезу [42]. Вважається [42], що бобово-ризобіальний симбіоз однаково залежить від обох генотипів симбіонтів. Так, генотипом ризобій може контролюватися 25,7 %, а генотипом рослин – 24,4 % від загального варіювання ефективності симбіозу. Впродовж вегетації, під час симбіотичної азотфіксації рослини вдосталь забезпечуються азотом, як результат – після розкладання пожнивних решток у ґрунті на 1 га може накопичуватися 120–150 кг азоту, що дорівнює внесенню наприклад 350–450 кг аміачної селітри [65].

Раціональне використання цього явища дозволяє зменшити застосування дорогих азотних добрив під зернобобові культури. Створивши потужний симбіотичний апарат, можна максимально реалізувати генетично обумовлений та природно закладений азотфіксувальний потенціал бобово-ризобіальної системи і дасть можливість отримати високий урожай. Листки є одним з вирішальних чинників у процесі утворення бульбочок, тому початок їх утворення на коренях рослин пов'язаний з появою перших листків, а саме через початок фотосинтетичної діяльності, оскільки вона дає енергетичний матеріал необхідний як мікроорганізмам-симбіонтам, так і рослині [3, 52].

Показником активної симбіотичної діяльності бульбочкових бактерій є утворення та наростання їх маси, які в свою чергу впливають на продуктивність фіксації молекулярного азоту. Симбіотична діяльність залежить впливу різних чинників. До одних зі шляхів підвищення азотфіксації можна віднести специфічність взаємодії макро- та мікросимбіонтів, тобто вдало поєднати рівень мінерального живлення та штаму бульбочкових бактерій, враховуючи при цьому агротехнологічні умови й конкретні ґрунтово-кліматичні, а також створення умов для високоефективного функціонування бобово-ризобіального симбіозу [4, 12, 21, 26].

Відомо, що перші бульбочки на кореневій системі з’являються на 7–10 добу після появи сходів. Початок появи бульбочок пов’язаний із розвитком перших листків, які дають необхідний енергетичний матеріал для розвитку рослини і симбіонта. Кількість бульбочок утворених на кореневій системі залежала як від системи удобрення, так і від інокуляції насіння. Найбільша їх кількість формувалася у фазу бутонізація–утворення бобів. Відмічено, що інокуляція істотно збільшувала їх кількість (табл. 4).

Таблиця 4

Утворення бульбочок на кореневій системі сої залежно від удобрення та інокуляції (2024 р.), шт/рослині

Варіанти дослідів	Фаза росту й розвитку рослин				Зміна (±) у фазу утворення бобів від	
	Бутонізація		Утворення бобів			
	1	2	1	2	удобрення	інокуляції
Без добрив (контроль)	4±1	10±2	16±3	22±3	—	6
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	6±2	12±2	17±3	24±3	1	7
N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	4±1	7±2	10±2	16±3	-6	6
N ₆₀ P ₆₀ K ₃₀	5±1	8±2	15±3	22±3	-1	7
N ₆₀ P ₃₀ K ₆₀	4±1	7±2	14±3	18±3	-2	4

Примітка. 1 – без інокуляції насіння, 2 – з інокуляцією.

З даних табл. 4 видно, що утворення бульбочкових бактерій на кореневій системі рослин сої істотно змінюється залежно від фази росту та розвитку рослин, доз і видів добрив та інокуляції насіння препаратом бульбочкових бактерій. У фазу бутонізації у варіантах без інокуляції насіння, збільшення бульбочок на кореневій системі було незначне. У фазу утворення бобів цей показник був майже однаковий у всіх варіантах, окрім N₆₀P₃₀K₃₀, де він був

менший на 4–7 шт/рос залежно від варіанту досліду. Варто відмітити, що у період між цими двома фазами інтенсивно йде утворення бульбочок і їх кількість може збільшуватися у 4–5разів.

Інокуляції насіння сої бактеріальними препаратами незалежно від фаз росту й розвитку рослин сприяла збільшенню кількості бульбочок на кореневій системі сої. Так, у фазу утворення бобів цей агрозахід збільшував кількість бульбочок від 4 до 7 шт/рослину. При цьому помітний вплив поліпшеного фосфорного та калійного живлення сої.

У фазу бутонізації рослин сої різниця між не інокульованими посівами і інокульованими у кількості бульбочок максимально була 6 шт/рослину. При цьому була помітна тенденція до зменшення їх кількості залежно від фосфорного удобрення, так найменше бульбочок порівняно з контролем було у варіанті досліду $N_{60}P_{30}K_{30}$ та $N_{60}P_{30}K_{60}$.

Отже, можна зробити висновок, що на утворення бульбочкових бактерій на коренях рослин сої найбільше впливає азотне живлення, його надлишок гальмує процес утворення бульбочок. А от поліпшення фосфорного живлення, навпаки сприяє цьому процесу, а калійне живлення майже не має впливу. Інокуляція насіння незалежно від дози удобрення має позитивний вплив і збільшує утворення бульбочок на коренях рослин зернобобових.

4.3. Динаміка наростання листкового апарату

На формування високих урожаїв великий вплив має оптимальна робота фотосинтетичного апарату. Кожен вид рослин, і навіть сорт, має різну площу асиміляційної поверхні і змінюється вона в широких межах. Учені [43] встановили, що для зернових культур оптимальна площа листкової поверхні змінюється в межах 40–60 тис. $m^2/га$, збільшення або зменшення призводить до зниження врожайності. Для наростання оптимальної площі фотосинтезувальної поверхні повинні бути створені оптимальні умови росту та розвитку рослин.

Відомо, що соя формує листову поверхню у досить широкому діапазоні – 20–70 тис. м²/га. Оптимальним вважають це показник в межах 40–50 тис. м²/га. Надлишкова листову поверхню не підвищуватиме врожайності рослин сої, оскільки ці листки по суті зайві, тому що для її формування виділяються поживні речовини.

Перша половина вегетаційного періоду відзначається активним ростом площі листової поверхні, далі вона досягає максимальної своєї величини, під кінець вегетації починається зменшення загальної площі листової поверхні (табл. 5). Можна пояснити це тим, що органічна речовина з листків переходить в репродуктивні органи. Асиміляційна поверхня листків поступово зростала до фази кінець цвітіння.

Таблиця 5

**Динаміка наростання листової поверхні посівів сої залежно від
удобрення та інокуляції насіння, од.**

Варіант досліджу	Фаза росту й розвитку рослин					
	Початок гілкування		Кінець цвітіння		Початок досягання насіння	
	1	2	1	2	1	2
Без добрив (контроль)	2,5	2,7	3,3	3,5	2,6	2,8
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	3,3	3,2	4,2	4,2	3,4	3,5
N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	2,8	3,1	3,7	4,0	3,0	3,3
N ₆₀ P ₆₀ K ₃₀	3,0	3,0	4,0	4,1	3,2	3,3
N ₆₀ P ₃₀ K ₆₀	2,9	3,0	3,5	3,9	2,8	3,1

Примітка. 1 – без інокуляції насіння, 2 – з інокуляцією.

Початок вегетації сої вже відзначався істотним впливом добрив, особливо азотних і фосфорних, на розвиток листової поверхні. Так, фаза початку гілкування у варіанті досліджу N₆₀P₆₀K₆₀ характеризувалася підвищенням листового індексу, порівняно з всіма іншими варіантами також за зниження

доз фосфорних добрив спостерігався спад наростання листового апарату. Інокуляція насіння перед сівбою також сприяла зростанню площі листя.

У кінці цвітіння відмічалася площа листкового апарату рослин сої залежно від варіанту удобрення в межах 35–42 тис. м²/га. Найбільший вплив у всі фази росту сої мав варіант дослідів з максимальними дозами мінеральних добрив. Вплив інокуляції насіння на поліпшення листкового індексу сої залежно від варіанту удобрення був у межах 5–13 %. Така ж закономірність була і у фазі початку достигання насіння. В цей час визначення площі листків вже були у менших значеннях від оптимальних, а і навіть високі дози добрив не змогли забезпечити їх збереження. Це можна пояснити посушливими погодними умовами наприкінці періоду вегетації сої. І навіть не дивлячись на це, такий агрозахід, як інокуляція насіння сої і в період закінчення вегетації сприяла більшому збереженню листкового індексу.

Отже, з даних дослідження можна зробити висновок, що застосування мінеральних добрив у поєднанні з інокуляцією насіння має істотний вплив на формування фотосинтетичного апарату рослинами сої. Так на ділянках, де було посіяно інокуюване насіння в поєднанні із N₆₀P₆₀K₆₀, рослини мали найкращі показники площі листової поверхні.

4.4. Забезпеченість рослин азотом

На інтенсивність зеленого забарвлення листків має вплив вміст хлорофілу, а також вказує на рівень забезпеченості рослин азотом. На базі цього були розроблені портативні прилади N-тестери. Їх використовують для визначення потреби азоту рослинами і корегування дози підживлень азотними добривами сільськогосподарських культур. Оскільки для різних їх види і сортів характерний різний вміст хлорофілу, то одержані величини потрібно уточнювати. Також, на результати вимірювань має вплив і нестача сірки, магнію і забезпеченість рослин вологою. Тому недоцільно проводити вимірювання приладом за проявом цих ознак. На результати даного

вимірювання не мають впливу час дня, покриття листків вологою чи засобами захисту рослин [25].

Із врожаєм рослини сої накопичують значну кількість азоту, тому вплив азотного живлення, поряд з водозабезпеченням відводять вирішальну роль у його формуванні. Дослідження показують значний вплив удобрення з інокуляцією на забезпеченість рослин азотом (табл. 6).

Таблиця 6

**Динаміка забезпеченості сої азотом залежно від варіанту досліду,
од. приладу**

Варіант досліду	Строк визначення					
	ІІІ декада червня		ІІІ декада липня		ІІІ декада серпня	
	1	2	1	2	1	2
Без добрив (контроль)	383	385	501	507	382	412
$N_{60}P_{60}K_{60}$	440	459	567	573	435	446
$N_{60}P_{30}K_{30}$	426	434	549	557	403	408
$N_{60}P_{60}K_{30}$	434	439	561	567	418	416
$N_{60}P_{30}K_{60}$	426	439	545	548	413	430

Примітка. 1 – без інокуляції насіння, 2 – з інокуляцією.

Найбільше на забезпеченість рослин сої азотом впливало поліпшення азотного живлення рослин, менше – фосфорного. Вплив калійного живлення був незначним. У перший період визначення, залежно від удобрення показники приладу змінювалися від 383 до 440 од., за проведення передпосівної інокуляції насіння сої штамами бульбочкових бактерій – 385–459 од.

Кінець вегетації характеризувався зниженням забезпеченості рослин азотом, що можна пов'язати його розбавленням у рослині, а також погіршенням умов проходження нітрифікації й фіксації атмосферного азоту як

інокульованими, так і не інокульованими рослинами. Необхідно також відмітити, що інокуляція насіння незалежно від строків визначення сприяла поліпшенню азотного живлення незалежно від варіантів досліду із застосуванням добрив.

4.5. Урожайність і якість насіння

Сою відносять до однієї з найбільш прибуткових сільськогосподарських культур галузі рослинництва України. Вона багата на білок та олію і є добрим попередником для багатьох культур у сівоzmіні. Її вирощування дозволить знизити собівартість вирощуваної продукції завдяки фіксації азоту з атмосфери, поліпшити фітосанітарний стан полів і підвищити продуктивність сівоzmіні [12, 49]. Формування високої продуктивності сої можливе за оптимальних агротехнологій її вирощування, а також сприятливих ґрунтово-погодних умов [4, 22, 71].

За достатнього внесення фосфорних і калійних добрив, оптимального рН, застосування інокуляції соя здатна засвоїти з повітря до 70 % азоту від загальних потреб. Вважають, що для високої продуктивності, на родючих ґрунтах варто вносити невеликі дози азотних добрив (в межах 20–40 кг/га д. р.) [12].

Результати досліджень у 2024 році показали, що на врожайність значний вплив мали погодні умови вегетаційного періоду (табл. 7). Навіть така здатність культури, як економно використовувати запаси вологи з ґрунту не допомогли сформувати високі врожаї. Помітно збільшувалася врожайність від застосуванням добрив – на 0,26–0,28 т/га. При цьому спостерігалися найбільші прирости врожаю за внесення $N_{60}P_{30}K_{30}$ в поєднанні з інокуляцією.

В умовах року проведення досліджень вплив інокуляції був незначний. Підвищення врожайності залежно від варіанту досліду змінювалося від 0,02 до 0,05 т/га, або до 3 %, що можна пояснити посушливими умовами

вегетаційного періоду, адже для якісного симбіозу рослин сої з бульбочковими бактеріями необхідна волога.

Отже, навіть під впливом посухи, можна відмітити значний вплив азотних добрив на врожайність сої, відносно менший – фосфорних і калійних, також підвищувала врожайність інокуляція насіння.

Таблиця 7

Урожайність сої залежно від удобрення та інокуляції, т/га

Варіант досліджу	Без інокуляції, т/га	З інокуляцією, т/га	Приріст від добрив, т/га	Приріст від інокуляції, т/га	Вплив інокуляції, %
Без добрив (контроль)	1,39	1,42	–	0,03	+2
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1,65	1,68	0,26	0,03	+2
N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	1,67	1,69	0,28	0,02	+1
N ₆₀ P ₆₀ K ₃₀	1,65	1,70	0,26	0,05	+3
N ₆₀ P ₃₀ K ₆₀	1,66	1,71	0,27	0,05	+3
НІР ₀₅	0,06				

Якість насіння сої в основному визначається вмістом в ній жиру та протеїну. Відомо, що на вміст жиру в насінні в сторону збільшення впливає внесення фосфорних і калійних добрив, особливо збільшення в складі повного добрива сполук фосфору [19]. Вміст протеїну в насінні прямо залежав від доз азотних добрив та майже не змінювався від внесення фосфорних і калійних добрив.

Дослідженнями показують, що різні систем удобрення по різному впливають на якість насіння сої (табл. 8).

Одним з основних якісних показників є маса тисячі насінин сої [26, 30, 32]. Існує пряма кореляційна залежність між цим показником і величиною врожаю,

що підтверджено низкою проведених досліджень різними ученими [38, 39, 41, 51].

Таблиця 8

Якість насіння сої залежно від варіантів удобрення та інокуляції

Варіант досліджу	Маса 1000 насінин, г		Вміст, %			
			сирого протеїну		олії	
	1	2	1	2	1	2
Без добрив (контроль)	110	111	39,2	39,3	20,2	20,4
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	112	113	40,2	40,1	20,2	20,1
N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	118	120	40,1	40,2	20,1	20,1
N ₆₀ P ₆₀ K ₃₀	123	126	40,2	40,1	20,3	20,1
N ₆₀ P ₃₀ K ₆₀	128	130	40,1	40,0	20,2	20,1
НІР ₀₅	5		1,2		0,6	

Примітка. 1 – без інокуляції насіння, 2 – з інокуляцією.

З даних табл. 8 видно, що варіювання маси 1000 насінин між варіантами не було через недостатню забезпеченість рослин вологою.

Вміст білка в зерні найвищий був у варіанті досліджу, де вносилося повне мінеральне добриво – N₆₀P₆₀K₆₀.

Отже, з даних досліджень можна зробити висновок, що на високі врожаї сої має вплив цілий комплекс із погодних умов, доз удобрення, інокуляції насіння, сортових особливостей та інше. Вплив фосфорних і калійних добрив відносно менший. Важливе місце за впливом на врожайність відводять інокуляції насіння відповідними штамами бульбочкових бактерій, які за оптимальних умов існування зможуть забезпечити значний приріст урожаю.

РОЗДІЛ 5.

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ СОЇ

Важливим критерієм під час вибору якоїсь сільськогосподарської культури є економічна ефективність її вирощування. Чим вищий прибуток вона приносить, тим доцільніше її вирощувати.

При розрахунках економічної ефективності додаються всі витрати на вирощування 1 гектара культури і враховується вартість реалізації продукції з цієї площі.

Не найкращі умови для вирощування сільськогосподарської продукції склалися у 2024 році. Поряд з високою вартістю удобрювальних продуктів, лімітувальним чинником була також кількість опадів. Через погодні умови був значний недобір врожаю сої, який вплинув на економічні показники її вирощування. Так, з даних табл. 9 бачимо, що найкращі показники отримано у варіанті досліді без застосування добрив. Вартість на добрива спричиняла значне підвищення витрат на 1 га, яка не перекривалася отриманим приростом, адже через погодні умови він був незначний.

Хоч і приріст врожаю від інокуляції невеликий, але все ж таки даний агрозахід забезпечує додатковий прибуток з одиниці площі. Показники прибутку від інокуляції коливалися від 60 до 600 грн/га залежно від варіанту досліді, з максимальними показниками у варіантах $N_{60}P_{30}K_{60}$ та $N_{60}P_{60}K_{30}$. Також, наближене значення було отримано у варіанті без внесення добрив – 540 грн/га.

Отже, можна зробити висновок, що в умовах 2024 р. вирощування сої найбільш економічно вигідно було без застосування удобрювальних продуктів. Хоч і приріст від інокуляції цього року не значний, даний агрозахід все одно є рентабельним і забезпечує більше отримання прибутку.

Таблиця 9

Економічна ефективність застосування добрив під сою, 2024 р.

Варіант досліджу	Витрати на 1 га, грн	Урожайність, т/га	Вартість 1 т насіння, грн	Собівартість 1 т насіння, грн	Дохід, грн	Прибуток, грн	Рівень рентабельності, %
Без добрив (контроль)	<u>9450</u> 9750	<u>1,39</u> 1,42	18000	<u>6799</u> 6866	<u>25020</u> 25560	<u>15570</u> 15810	<u>165</u> 162
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	<u>22450</u> 22750	<u>1,65</u> 1,68	18000	<u>13606</u> 13542	<u>29700</u> 30240	<u>7250</u> 7490	<u>32</u> 33
N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	<u>19100</u> 19400	<u>1,67</u> 1,69	18000	<u>11437</u> 11479	<u>30060</u> 30420	<u>10960</u> 11020	<u>57</u> 57
N ₆₀ P ₆₀ K ₃₀	<u>21100</u> 21400	<u>1,65</u> 1,70	18000	<u>12788</u> 12588	<u>29700</u> 30600	<u>8600</u> 9200	<u>41</u> 43
N ₆₀ P ₃₀ K ₆₀	<u>20450</u> 20750	<u>1,66</u> 1,71	18000	<u>12319</u> 12135	<u>29880</u> 30780	<u>9430</u> 10030	<u>46</u> 48

Примітка. Над ризикою без інокуляції насіння, під ризикою – з інокуляцією.

РОЗДІЛ 6.

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

6.1. Особливості охорони праці та моделювання виробничих небезпек під час вирощування сої

Основними причинами травматизму в сільському господарстві можна вважати незнання та невиконання правил безпеки при тих чи інших технологічних процесах.

Вирощування як сої, так і всіх сільськогосподарських культур супроводжується великою кількістю технологічних процесів (таких як: підготовка ґрунту до посіву, сівба, внесення добрив та пестицидів, збір врожаю та ін.), за виконанням яких недотримання техніки безпеки може призвести до травм.

Працівники, залежно від виду роботи мають дотримуватися таких правил:

Вимоги безпеки під час обробітку ґрунту, сівби і догляду за посівами:

1. Механізми, що здійснюють підготовку мінеральних добрив до внесення в ґрунт мають бути оснащенні пристроями, які знижують пилоутворення. Також, працівники повинні використовувати відповідні засоби індивідуального захисту ,спецвзуття та спецодяг.

2. Не дозволяється приготування розчинів пестицидів в полі без засобів механізації.

3. Працівникам не дозволяється перебувати у зоні можливого руху або розвертання машинно-тракторних агрегатів, маркерів або навісних машин.

4. Під час руху агрегату заборонено одночасне обслуговування одним працівником двох і більше сівалок.

5. Завантаження сівалок насінням та добривами має бути механізованим.

Ручне завантаження може дозволятися лише за умови зупинення посівного агрегату, а також вимкнення двигуна трактора.

6. Очищення і регулювання робочих органів навісних машин, які підняті, потрібно проводити лише спеціальними чистками в рукавицях і обов'язково із зупиненим, загальмованим агрегатом і вимкнутим двигуном і вжиттям заходів, які запобігають їх самовільному опусканню.

7. Заборонено сівачам працювати на навісних сівалках.

8. Заборонено підніматися на або спускатися з тракторів/машин під час їх руху.

Вимоги безпеки під час використання пестицидів та мінеральних добрив:

1. Зберігання, транспортування та застосування пестицидів здійснюється з дотриманням вимог Закону України «Про пестициди і агрохімікати» та інших нормативно-правових актів у частині безпечного зберігання, транспортування та застосування пестицидів.

2. Заборонено у темний час доби транспортування аміаковмісних мінеральних добрив, приготування їх розчинів, змішування та внесення у ґрунт.

3. Не дозволяється транспортувати в одному причепі різні види пестицидів, за хімічної взаємодії яких у разі порушення герметичності упаковки може виникнути спалах.

4. Не дозволяється перевозити протруєне насіння та пестициди разом із харчовими і кормовими продуктами, біологічними засобами захисту рослин та іншими вантажами та людьми.

5. Для зберігання фуражу, продуктів, води тощо не дозволяється використання тари від мінеральних добрив, навіть після її знезаражування. Ця тара утилізується згідно з вимог природоохоронного законодавства.

6. Машини, які використовуються для роботи з пестицидами, усі з'єднання магістралей переміщення пестицидів (затички, фланці, штуцери, ніпелі, люки тощо) повинні мати ущільнювальні прокладки.

Вимоги безпеки під час збирання врожаю:

1. Під час пересування дорогами та роботи в полі зернозбирального комбайна, на ньому дозволено перебувати комбайнеру та помічнику комбайнера.

2. Запасні ножі до збиральних машин потрібно зберігати у дерев'яних чохлах у робочому стані.

3. Перебувати на сільськогосподарській техніці, в тому числі на полі, де проводяться збиральні роботи, забороняється людям, які не беруть участі у технологічному процесі.

4. Не дозволяється перебування людей у кузові машини або тракторного причепа під час заповнення їх продуктом, а також під час його транспортування до місця складування.

5. Комбайни повинні бути забезпечені дерев'яними лопатами, щоб в разі чого проштовхувати злежане зерно у бункерах до вивантажувального шнека.

6. Переміщення сільськогосподарської техніки по дорогах здійснюється відповідно до вимог Правил дорожнього руху, затверджених постановою Кабінету Міністрів України від 10 жовтня 2001 року № 1306 (далі - Правила дорожнього руху).

7. Відпочинок працівників у полі має бути в спеціально відведених місцях, які позначаються помітними віхами вдень і освітлюються ліхтарями вночі. Не дозволяється відпочивати серед поля, у копицях, під машинами, в кабіні транспортного засобу під час роботи двигуна тощо.

Модель небезпеки під час збирання врожаю сої:

Небезпечна умова (НУ) 1 – відсутній контроль за процесом заправки комбайна;

Небезпечна умова 2 – пристрій для заправки несправний;

Небезпечна дія (НД) – комбайнер користується відкритим вогнем;

Надзвичайна ситуація (НС) – загоряння розлитого пального, в результаті виникне пожежа з можливим травмуванням працівників.

НУ1↘

НД→НС→П→Т

НУ2↗

Отже, дотримання правил безпеки є важливим для збереження життя і здоров'я працівників.

6.2. Охорона навколишнього природного середовища при застосуванні пестицидів та добрив

Безконтрольне використання мінеральних добрив та пестицидів може призвести до негативних екологічних наслідків. Зазвичай це пов'язане з тим, що до їх складу, поряд із основними елементами живлення входить багато різних супутніх складових у вигляді радіоактивних ізотопів, органічних і мінеральних сполук важких металів, що може негативно вплинути, як на навколишнє природне середовище, так і на продукцію рослинництва і тваринництва, здоров'я робітників, що працюють з пестицидами і добривами та населення в цілому [70].

Для одержання мінеральних добрив використовують сировину (фосфорити, апатити, сирі калійні солі), яка зазвичай містить певну кількість домішок – від 5–10 % і більше. До них можуть входити токсичні елементи: свинець, фтор, миш'як, стронцій, кадмій, що повинні розглядатися, як потенційні джерела забруднення навколишнього середовища. Це має враховуватися, особливо за внесення високих доз добрив і тривалого їх застосування [12].

За останні десятиліття структура забруднення сільськогосподарської продукції має такий вид: перше місце посеред усіх забруднюючих речовин посідають нітрати – 75 %, частка важких металів дорівнює близько 15, а пестицидів – 8 % [29].

Форми, строки і способи внесення мінеральних добрив значно впливають на охороні довкілля. Шкідливий вплив спостерігається, коли вони проникають у водні джерела, накопичуються у рослинницькій продукції, у фітотоксичній дії та надлишку у балансі. Причинами цього можуть бути: порушення способів і строків застосування, недотримання передбачених умов транспортування та зберігання добрив, недостатнє очищення від шкідливих домішок на час їх виробництва, недостатні знання впливу на агро- та біосферу. З одного боку, метали – мікроелементи, які впливають на формування врожаю і якості

продукції. З однієї сторони добрива впливають на підвищення і якість врожаю, а з іншої – за надмірного їх внесення в ґрунт вони можуть стати важкими металами. У природі в результаті неправильної господарської діяльності вони здатні викликати забруднення ґрунтів та продукції. Відомо, що ґрунти, на відміну від гідросфери і атмосфери, не здатні до самоочищення від важких металів, тому наразі вони є основним накопичувачем важких металів.

Отже, важкі метали відносять до одних з найпоширеніших забруднювачів природного середовища при застосуванні мінеральних добрив. Через міграційні та інші процеси, їх надходження в організм людини відбувається за різних схем: ґрунт – рослина – людина; ґрунти – рослина – тварина – людина; ґрунт – тварина – людина; ґрунт – повітря – людина; ґрунт – вода – людина.

Небезпечним для навколишнього природного середовища є азотні добрива. За надлишкового їх внесення у ґрунт, їх складові, такі як нітрати і карбамід можуть мігрувати у підземні і поверхневі води. Після внесення амонійно-нітратних добрив, ґрунтово вбирним комплексом поглинається амонійний азот, а нітратний залишається в ґрунтовому розчині. За дії нітрифікувальних бактерій, азот із амонійного переходить у нітратний. Ці перетворення викликають утворення нітратів, які надлишково накопичуються у рослинах.

Частина діючих речовин пестицидів і мінеральних добрив може попадати у гідросферу із неспеціалізованих складів для їх зберігання, під час внесення і транспортування, зокрема авіацією. Внутрішні водойми найбільш вразливі, тому що відбувається накопичення в них розчинних речовин.

Отже, правильно підібрані форми добрив і препарати пестицидів можуть вберегти навколишнє природне середовище та продукцію рослинництва від забруднення їхніми складовими.

ВИСНОВКИ

У роботі висвітлено теоретичне обґрунтування встановлення оптимальних доз мінеральних добрив у поєднанні з інокуляцією насіння відповідними штамами бульбочкових бактерій для формування високої продуктивності сої, що сформулювало наступні висновки:

1. Рівень азотного живлення має значний вплив на утворення симбіотичного апарату, також помітний вплив фосфорного живлення, а от рівень калійного живлення майже не впливає. Інокуляція бульбочковими бактеріями насіння сої незалежно від варіанту удобрення формує ефективний азотфіксувальний апарат.

2. На кількість бульбочок негативно впливало азотне удобрення, фосфорне в свою чергу спонукало їх утворення, калійне – мало незначний вплив.

3. Застосування мінеральних добрив у поєднанні з інокуляцією насіння має істотний вплив на формування фотосинтетичного апарату рослинами сої. На ділянках, де було посіяно насіння з інокуляцією в поєднанні із $N_{60}P_{60}K_{60}$, відмічалися найкращі показники площі листової поверхні.

4. Залежно від року, варіанту досліду і строку визначення забезпеченість рослин сої азотом варіювала в межах 383–573 од. приладу. На початку вегетації азотні добрива мали значний вплив на забезпеченість рослин азотом.

5. Внесення азотних, фосфорних і калійних добрив підвищувало врожайність сої до 0,28 т/га залежно від варіанту досліду. Інокуляція насіння в досліді підвищує урожайність до 3 % залежно від варіанту удобрення. Отримання таких показників спричинене погодними умовами.

6. Збільшення доз мінерального живлення сої підвищує масу 1000 насінин та вміст протеїну, але поряд з цим знижує вміст жиру.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Авраменко С., Манько К., Шелякін В., Бобров О. Удобрення сої: нові підходи. *Пропозиція*. 2016. № 4. С. 66-68.
2. Адамень Ф. Ф., Вергунов В. А., Лазер П. Н., Вергунова І. М. Агробіологічні особливості вирощування сої в Україні. Київ : Аграрна наука, 2006. 456 с.
3. Адамень Ф. Ф., Турін Є. М. Взаємодія сортів сої зі штамми бульбочкових бактерій. *Бюлетень Інституту зернового господарства*. Дніпропетровськ, 2005. № 23-24. С. 103–106.
4. Алексєєв О. О. Вплив екологічних факторів на розвиток і продуктивність бобово-ризобіального симбіозу. *Сільське господарство та лісівництво. Екологія та охорона навколишнього середовища*. 2016. №4. С. 187–196.
5. Андрієць Д. В. Управління продуктивністю сої за інтенсифікації технології вирощування у правобережному Лісостепу України: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук : 06.01.09. Київ, 2013. 23 с.
6. Бабич А. О. Сучасне виробництво і використання сої. Київ : Урожай, 1993. 429 с.
7. Бабич А. О., Бабич-Побережна А. А. Селекція, виробництво, торгівля і використання сої у світі. Київ : Аграрна наука, 2011. 548 с.
8. Бабич А. О., Бахмат М. І., Бахмат О. М. Соя : агроекологічні основи вирощування, переробки і використання. Кам'янець-Подільський : ПП «Медобори-2006», 2013. 268 с.
9. Бабич А. О., Колісник С. І., Кобак С. Я. та ін. Теоретичне обґрунтування та шляхи оптимізації сортової технології вирощування сої в умовах Лісостепу України. *Корми і кормовиробництво*. Вінниця, 2011. Вип. 69. С. 113–121.
10. Бабич А. О., Кулик М. Ф., Макаренко П. С. Методика проведення досліджень у кормовиробництві та годівлі тварин. Київ : Аграрна наука, 1998. 80 с.

11. Бабич А. О., Серветник О. В., Лохова В. І. Підвищення продуктивності сої при застосуванні позакоренових підживлень в умовах правобережного Лісостепу України. *Збірник наукових праць Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. Київ, 2012. Вип. 15. С. 63–68.
12. Балюк С. А. та ін. Система удобрення сільськогосподарських культур у землеробстві початку ХХІ століття. / За ред. С. А. Балюка, М. М. Мірошніченка. Київ: Альфа-стевія, 2016. 400 с.
13. Бахмат О. М. Моделювання адаптивної технології вирощування сої : монографія. Кам'янець-Подільський : Зволейко Д. Г. 2012. 436 с.
14. Бахмат О. М. Соя – культура майбутнього, особливості формування високого врожаю. Кам'янець-Подільський : ПП Мошак М. І., 2009. 208 с.
15. Бикін А. В., Бордюжа Н. П., Макаренко М. В. Вплив позакоренового підживлення на продуктивність пшениці озимої. *Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2009. № 1.
16. Бикін А. В., Генгало Н. О. Ефективність застосування добрив і гумату калію за вирощування сої на чорноземі типовому малогумусному. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. Київ, 2011. № 162. С. 137–144.
17. Білко В. Вітчизняні інноваційні технології на сої. *Пропозиція*. 2013. № 2. С. 86–87.
18. Білявська Л. Г. Аспекти адаптивної селекції сої в умовах зміни клімату. *Корми і кормовиробництво*. Київ, 2008. № 61. С. 10–16.
19. Білявська Л. Г., Рибальченко А. М. Мінливість тривалості вегетаційного періоду у колекційних зразків сої. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. Полтава, 2018. № 2. С. 85–92.
20. Білявська Л. Соя майбутнього. *Зерно*. 2013. № 9. С. 30–32.
21. Волкогон В. В., Надкернична О. В., Ковалевська Т. М. та ін. Мікробні препарати у землеробстві. Теорія і практика. Київ : Аграр. наука, 2006. 312 с.

22. Волкогон В. В., Надкернична О. В., Токмакова Л. М. та ін. Експериментальна ґрунтова мікробіологія: монографія. За наук. ред. В. В. Волкогона. Київ : Аграр. наук., 2010. 464 с.
23. Гамаюнова В. В., Назарчук А. А., Туз М. С. Значення бобових культур у землеробській галузі півдня України. Участь молоді у розбудові агропромислового комплексу України: 26-та науково-теоретичної конференції , м. Миколаїв, 2014. С.3–5.
24. Глушак А. Г. Вплив окремих елементів технології вирощування на урожайність різних сортів сої. Аграрна наука – селу. 1997. Вип. 3. Т. 1. С 69.
25. Господаренко Г. М. Практикум з агрохімії. Київ: ТОВ «СІК ГРУП УКРАЇНА», 2020. 148 с.
26. Господаренко Г. М., Бахмат О. М., Прокопчук І. В., Вишневська Л. В., Кравченко В. С. Складові технології вирощування сої. За заг. ред. Г. М. Господаренка. Умань: Видавець «Сочінський М. М.», 2019. 208 с.
27. Господаренко Г. М., Любич В. В., Мусієнко Л. А. та ін. Симбіотична азотфіксація та врожай / За заг. ред. Г. М. Господаренка. Умань: Видавець «Сочінський М. М.», 2017. 276 с.
28. Господаренко Г. М. Основи інтегрованого застосування добрив у польовій сівоzmіні. Київ: ЗАТ “Нічлава”, 2002. 342 с.
29. Даниленко А. С., Горлачук В. В., В’юн В. Г., Песчанська І. М., Сохнич А. Я. Управління відтворенням і збереженням родючості ґрунту у контексті сталого розвитку природокористування. Миколаїв : Вид-во ПП «Іліон», 2003. 39 с.
30. Дідора В. Г. Симбіотична продуктивність сої залежно від інокуляції насіння та удобрення. *Наукові горизонти*. 2018. №1 (64). С. 24–28.
31. Дідора В. Г., Ступніцька О. С., Баранов А. І. Продуктивність сої залежно від елементів технології вирощування в умовах Полісся України. *Вісник Житомирського національного агроекологічного університету*. Житомир, 2013. № 1 (1). С. 80–83.

32. ДСТУ ISO 520:2015. Зернові і бобові. Визначення маси 1000 зерен. Київ. 2015. 10 с.
33. Єщенко В. О., Копитко П. Г., Костогриз П. В., Опришко В. П. Основи наукових досліджень в агрономії: підручник. За ред. В. О. Єщенка. Вінниця: ПП «ТД «Едельвейс і К»», 2014. 332 с.
34. Задубинна Є. В. Вплив способів обробітку органогенних ґрунтів та добрив на хімічний склад насіння сої. *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства УААН»*. Київ, 2010. Вип. 4. С. 34–39.
35. Іванюк С. В. Потенціал продуктивності соєвого поля. *Агробізнес сьогодні*. 2015. № 21. С. 50–55.
36. Іванюк С. В. Формування сортових ресурсів сої відповідно до біокліматичного потенціалу регіону вирощування. *Корми і кормовиробництво*. Вінниця, 2012. Вип. 71. С. 34–40.
37. Ільєнко О. В. Використання вологи посівами сої залежно від способів сівби та норм висіву насіння. *Бюлетень інституту зернового господарства*. Дніпропетровськ, 2010. № 38. С. 102-105.
38. Каленська С. М., Єрмакова Л. М., Паламарчук В. Д. та ін. Системи сучасних інтенсивних технологій у рослинництві. Вінниця: Рогальська І. О., 2015. 448 с.
39. Камінський В. Ф. Агробіологічні основи інтенсифікації вирощування зернобобових культур в Лісостепу України : автореф. дис. ... д-ра. с.-г. наук: 06.01.09. Вінниця, 2006. 48 с.
40. Камінський В. Ф., Мосьондз Н. П. Формування продуктивності сої залежно від агротехнічних заходів в умовах північного Лісостепу України. *Корми і кормовиробництво*. Вінниця, 2010. № 67. С. 45–50.
41. Кірілеско О. Л., Мовчан К. І. Формування врожайності зернобобових культур в умовах західного Лісостепу України. *Корми і кормовиробництво*. 2016. № 82. С.127–132.
42. Коць С. Я. Сучасний стан досліджень біологічної фіксації азоту. *Фізіологія і біохімія культ. рослин*. 2011. Т. 43. №3. С. 212–225.

43. Кочубей С. М. Організація фотосинтетичного апарату вищих рослин. Київ : Альтерпрес, 2001. 204 с.
44. Крайняк О. К. Економічний та біоенергетичний аналіз технологій вирощування зернобобових культур. *Інноваційна економіка. Економічна діагностика підприємства*. Тернопіль, 2008. № 3. С. 109–113.
45. Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф. Мінеральні добрива та їх застосування : 2-ге вид. доповн. і виправл. Львів : Українські технології, 2012. 324 с.
46. Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф., Іващук П. В. *Зерновиробництво*. Львів : Українські технології, 2008. 623 с.
47. Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф., Іващук П. В., Корнійчук О. В. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур: навчальний посібник. Львів: Українські технології, 2010. 1088 с.
48. Лихочвор В. В., Щербачук В. М., Панасюк Р. М., Панасюк О. В. Вплив удобрення на формування фотосинтетичної та зернової продуктивності сої в умовах західного Лісостепу. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. Львів, 2016. Вип. 60. С. 88–96.
49. Манзевита Д. Перспективи для олійних. *The Ukrainian Farmer*. 2020. №10 (130). С. 52–53.
50. Мигаль І. Б. Формування продуктивності сої залежно від біологічних особливостей сорту, доз висіву насіння та рівня мінерального живлення в умовах Лісостепу західного: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 06.01.09. Вінниця, 2011. 20 с.
51. Молдован В. Г., Молдован Ж. А., Собчук С. І. Вплив способів мінерального живлення на формування продуктивності сої в умовах Лісостепу Західного. *Наукові горизонти*. 2018. №1 (64). С. 56–63.
52. Моргун В.В., Коць С.Я. Роль біологічного азоту в азотному живленні рослин. *Вісник НААН України*. 2018. №1. С. 62–74.

53. Мосьондз Н. П. Формування продуктивності сої залежно від технологічних заходів вирощування в умовах північної частини Лісостепу. *Землеробство*. Київ, Вип. 1-2. 2014. С. 74-77.
54. Новохацький М. Цінна культура. *Агробізнес сьогодні*. 2009. № 19-20. С. 20–21.
55. Огурцов Є. М. Соя у Східному Лісостепу України. Харків : ХНАУ ім. В. В. Докучаєва, 2008. 270 с.
56. Огурцов Є. М., Міхєєв В. Г., Белінський Ю. В., Клименко І. В. Адаптивна технологія вирощування сої у Східному Лісостепу України : монографія / за ред. М. А. Бобро. Харків : ХНАУ, 2016. 268 с.
57. Павленко Г. В. Ефективність мінеральних добрив та біопрепаратів у технології вирощування сої в Лісостепу. *Вісник аграрної науки*. Київ, 2012. № 11. С. 68–69.
58. Петриченко В. Ф. Агроекологічні аспекти адаптивної технології вирощування сої в Лісостепу Західному. Посібник українського хлібороба. Зернобобові та бобові кормові культури в контексті відновлення агроценозів / А.О. Бабич, О. С. Чинчик та ін. Київ : ФОП Конюшенко І. П., 2013. Т. 2. С. 177–185.
59. Петриченко В. Ф. Наукові основи сталого соєсіяння в Україні. *Корми і кормовиробництво*. Вінниця, 2011. Вип. 69. С. 3-10.
60. Петриченко В. Ф., Бабич А. О., Колісник С. І. та ін. Наукові основи сучасних технологій вирощування високобілкових культур. *Вісник аграрної науки*. Київ, 2003. № 10. С. 15–19.
61. Петриченко В. Ф., Колісник С. І. Рекомендації по вивченню і впровадженню сучасних технологій вирощування сої на насіння. Вінниця : ВДСГІ, 1999. 11 с.
62. Петриченко В. Ф., Лихочвор В. В., Іванюк С. В. та ін. Соя : монографія. Вінниця : «Діло», 2016. 400 с.

63. Петриченко В. Ф., Лихочвор В. В., Колісник С. І., Воронецька І. С. Кобак С. Я. Обґрунтування інтенсифікації виробництва зернобобових культур в Україні. *Web of Scholar. Warsaw*. 2018. № 6(24). С. 22–29.
64. Семцов А. В. Реакція рослин сої на інокуляцію та внесення різних доз мінеральних добрив в умовах центрального Лісостепу. *Вісник аграрної науки*. Київ, 2000. № 2. С. 71–72.
65. Січкарь В. І., Хухлаєв І. І., Бушулян О. В. та ін. Інтенсифікація азотофіксувального потенціалу зернобобових культур шляхом комплементарного добору мікро- і макросимбіонтів. *Наук. зап. ТНПУ. Сер.: Біологія*. 2014. № 3. С. 165–169.
66. Ткаліч І. Д., Шепілова Т. П. Вплив способів та строків внесення мінеральних добрив на урожайність сої. *Бюлетень Інституту зернового господарства*. Дніпропетровськ, 2011. №40. С. 50–53.
67. Толкачов М. З. Вплив різних форм і доз мінеральних азотних добрив на симбіотичну азотфіксацію та продуктивність сої. *Корми і кормовиробництво*. Вінниця, 2004. Вип. 53. С. 55–62.
68. Цехмейструк М. Г., Шелякін В. О., Глибокий О. М. Застосування добрив і оптимізація агрофону живлення сої. *Селекція і насінництво*. Харків, 2018. Вип. 113. С. 227–234.
69. Шевніков М. Я. Наукові основи вирощування сої в умовах лівобережного Лісостепу України : монографія. Полтава, 2007. 208 с.
70. Шикула М. К., Ігнатенко О. Ф., Петренко Л. Р., Капштик М. В. Охорона ґрунтів : підручник. 2-ге вид., випр. Київ: Т-во «Знання», КОО, 2004. 398 с.
71. Юник А., Мокрієнко В., Пірда В. Удобрення сої: основні складові успіху. *Агробізнес Сьогодні*. 2020. №12. С. 28–31.
72. Ямковий В. Особливості сучасної системи удобрення сої. *Пропозиція*. 2013. URL: <https://propozitsiya.com/ua/osoblivosti-suchasnoyi-sistemiudobrennya-soyi> (дата звернення 10.10.2020).

ДОДАТКИ