

Міністерство освіти і науки України
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет агрономії та лісівництва
Спеціальність: 201 «Агрономія»

«Допускається до захисту»
Завідувач кафедри рослинництва,
селекції та біоенергетичних культур
доцент _____ О.В. Мазур
» _____ 2021 р.
протокол № _____ від _____

**«Вплив технологічних прийомів вирощування на зернову
продуктивність сої в умовах СФГ «Нива» Хмільницького
району»**

01.03. – ВР 291 м 29 12 20. 086

Студент – випускник

Михайло Яцюк

Керівник дипломної роботи,
старший викладач

Наталія Шевченко

Рецензент

Вінниця – 2021

Зміст

Анотація	4
Вступ	5
Розділ 1. Огляд джерел наукової літератури	6
1.1. Особливості мінерального живлення та удобрення сої	6
Розділ 2. Умови та методика проведення досліджень	17
2.1. Характеристика господарства	17
2.2. Ґрунтово-кліматичні умови проведення досліджень	17
2.3. Аналіз гідротермічних умов в роки проведення досліджень	20
2.4. Схема досліду та методи проведення досліджень	21
Розділ 3 Результати експериментальних досліджень	25
3.1.Тривалість міжфазних періодів та періоду вегетації залежно від впливу елементів технології вирощування	25
3.2.Динаміка густоти стояння рослин сої та їх виживаність	34
3.3.Характер лінійного росту рослин сої залежно від норм мінеральних добрив та інокуляції насіння	38
3.4. Індивідуальна продуктивність рослин сої	42
3.5. Урожайність насіння сої залежно від елементів технології вирощування	48
Розділ 4. Економічна ефективність вирощування сої	52
Висновки	55
Рекомендації виробництву	57
Список використаної літератури	58
Додатки	64

Анотація

Обсяг магістерської роботи складає 61 сторінку. Вона містить 15 таблиць, 46 літературних джерел, 5 рисунків, 1 додаток.

Тема магістерської роботи: «Вплив технологічних прийомів вирощування на зернову продуктивність сої в умовах СФГ «Нива» Хмельницького району».

Мета дослідження – виявити залежності росту, розвитку та формування продуктивності сортів сої від інокуляції, норм і строків внесення мінеральних добрив та удосконалити технологію їх вирощування на основі бактеріально-мінерального удобрення.

Задачі досліджень:

– визначити особливості росту, розвитку рослин та формування врожайності насіння сортів сої залежно від інокуляції, норм внесення мінеральних добрив та гідротермічних ресурсів;

– провести оцінку індивідуальної продуктивності рослин, врожайності насіння сортів сої залежно від факторів, що були поставлені на вивчення;

– обґрунтувати економічну ефективність технології вирощування сої на основі застосування інокуляції та різних норм і строків внесення мінеральних добрив.

Предмет дослідження – сорти сої, бактеріальний препарат Фосфонітрагін на основі азотфіксуючих та фосформобілізуєчих бактерій; мінеральні добрива; врожайність.

Методи досліджень. Візуальний – для встановлення фенологічних змін розвитку рослин сої; кількісний – для визначення польової схожості, виживаності та густоти рослин; вимірювально-ваговий – для визначення біометричних параметрів рослин, структури та врожаю насіння; статистично-математичний – для визначення достовірності отриманих результатів досліджень; порівняльно-розрахунковий – для встановлення економічної ефективності.

Вступ

Сьогодні завдяки досягненням селекціонерів, з'явилися високотехнологічні і високопродуктивні сорти сої. Проте, рівень реалізації потенціалу їх продуктивності істотно обумовлюється ґрунтово-кліматичними умовами конкретної зони вирощування та адаптованою технологією вирощування, що особливо актуально за останніх тенденцій зміни клімату.

Одними з визначальних чинників формування високого врожаю насіння сої є інокуляція та мінеральні добрива. Тому питання удосконалення технології вирощування культури на основі оптимізації бактеріально-мінерального удобрення є актуальним та своєчасним, оскільки залишається недостатньо вивченою сортова реакція сої на комплексне застосування бактеризації насіння та внесення мінеральних добрив, особливо азотних.

Важливим резервом підвищення урожайності сої, завдяки покращеному азотному та фосфорному живленню, є також використання мікробних препаратів поліфункціональної дії на основі азотфіксуючих та фосформобілізуєчих бактерій, що потребує додаткового вивчення їх впливу на ріст і розвиток рослин, у тому числі, за різних норм мінеральних добрив. На вирішення цих актуальних питань, що мають важливе народногосподарське значення, і були направлені дослідження за темою дисертаційної роботи.

Мета дослідження – виявити залежності росту, розвитку та формування продуктивності сортів сої різних груп стиглості від інокуляції, норм і строків внесення мінеральних добрив та удосконалити технологію їх вирощування на основі бактеріально-мінерального удобрення в умовах Лісостепу правобережного.

Розділ 1. Огляд джерел наукової літератури

1.1 Особливості мінерального живлення та удобрення сої

У зв'язку з необхідністю нарощування обсягів виробництва насіння сої постає питання пошуку найбільш ефективних прийомів підвищення її продуктивності. Серед таких заходів чільне місце займають мінеральні добрива [1], частка участі яких у формуванні врожаю сої за даними різних авторів становить від 30 до 41 % [2].

Загалом, питання використання мінеральних добрив під сою в аграрній науці висвітлені досить детально, але погляди вчених на цю проблему часто досить суперечливі [3]. Це пов'язано з тим, що соя має складний механізм взаємодії з факторами зовнішнього середовища, обумовлений здатністю рослин до споживання симбіотичного азоту та низкою специфічних реакцій на погіршення умов вегетації. Однією з причин специфічної реакції сої на удобрення є розтягнутий період від цвітіння до плодоношення, впродовж якого зовнішні абіотичні фактори істотно змінюються, що в значній мірі впливає на інтенсивність та обсяг засвоюваних поживних речовин, в першу чергу, азоту, фосфору та сірки [4]. Однак, більшість науковців сходяться на тому, що система удобрення сої має розроблятися у відповідності з її потребами у поживних речовинах впродовж всього періоду вегетації [5].

Соя відноситься до вимогливих культур щодо наявності в ґрунті поживних речовин та потребує збалансованого мінерального живлення. Особливо важливим є оптимальне забезпечення елементами живлення рослин в критичні періоди їх росту та розвитку: цвітіння-формування бобів. Нестача хоча б одного із елементів в цей час призводить до абортивності квіток, зав'язей та формування малої кількості і недостатньо виповненого насіння [6]. До того ж, сучасні високоінтенсивні сорти здатні формувати високу зернову продуктивність лише за оптимального

забезпечення поживними речовинами, що досягається завдяки застосуванню саме мінеральних добрив [7].

Протягом вегетаційного періоду сої основні елементи живлення поглинаються її рослинами нерівномірно. На початку вегетації, від сходів до настання фази цвітіння, вона розвивається дуже повільно та використовує незначну кількість поживних речовин. У цей період найбільше соя потребує калію, дещо менше азоту і ще менше фосфору – відповідно, 24-26, 16-17 і 8- 12 % від загального споживання за вегетацію [8]. За даними Ямкового В. [9], обсяг спожитих макроелементів у цей час не перевищує, відповідно 7,6- 9,4, 5,9-6,8 та 4,6-4,7 %, за даними Бабича А. О. [2] – 16,6 % азоту, 10,4 % фосфору та 24,7 % калію, за даними Бахмата О. М. – відповідно, 6-7, 5-6 та 7-10 % [10].

Під час цвітіння, формування та наливу бобів потреба рослин сої в елементах живлення різко зростає – за даними Бабича А. О. [2] до 78,4 % азоту, 50,0 % фосфору, 82,1 % калію, за даними Ямкового В. [9] – до 57,9-59,7 % азоту, 59,4-64,7 % фосфору і 66,0-70,0 % калію, за даними Бахмата О. М. [10] – до 58-60, 60-65, 65-70 %, відповідно.

У подальшому, від наливу бобів до кінця дозрівання інтенсивність поглинання соєю макроелементів знижується – за даними Ямкового В. [9] до 33,7- 36,3 % азоту, 30,6-36,0 % фосфору та 18,9-26,4 % калію, за даними Бахмата О. М. [10] – відповідно, до 30-35, 30-35 та 20-25 %.

В цілому, щодо азотного живлення рослини сої найбільш чутливі впродовж періоду за 2-3 тижні до та 2 тижні після цвітіння – дефіцит азоту в цей час призводить до різкого зниження врожаю, яке неможливо компенсувати внесенням азотних добрив у більш пізні фенологічні фази розвитку рослин [2]. У цей період добовий обсяг засвоєного азоту досягає 5 кг/добу. Азот відноситься до найголовніших елементів живлення, який обумовлює ростові процеси, входить до складу білків, нуклеїнових кислот, фосфатидів, хлорофілу та інших органічних речовин рослинних клітин [11].

Існує три шляхи надходження азоту до рослинного організму сої: за рахунок використання ґрунтового азоту, в наслідок біологічного зв'язування азоту атмосфери та з мінеральних добрив [10]. Кількість азоту, засвоюваного соєю з повітря, залежить від вмісту його в ґрунті – чим бідніші ґрунти, тим інтенсивніше відбувається азотфіксація [12], тому зниження рівня ґрунтового азоту до 41-80 мг/кг істотно стимулює симбіотичну азотфіксацію. У значній кількості соя потребує також калій, оскільки він відіграє важливу роль у регулюванні синтезу білка, підтриманні водного балансу, перерозподілі вуглеводів, азотному обміні, підвищує стійкість рослин до захворювань і вилягання, покращує засвоєння ними фосфору та азоту. Порівняно з цими макроелементами, калій характеризується більш швидкою міграцією до рослинного організму [13].

Максимальна кількість калію використовується через 87-95 діб після сходів та припиняється за два-три тижні до настання фази досягання насіння. За даними Бабича А. О. [2], у кінці фази цвітіння соя споживає цей макроелемент в 1,5 рази більше ніж азоту – у межах 18,5-20,1 %, однак, впродовж періоду дозрівання рівень засвоєння калію відносно азоту, навпаки, знижується та становить 26,4-18,9 %. На думку видатного вченого та його колег [2], самі калійні добрива не мають вирішального впливу на ріст і розвиток рослин сої, однак, за сумісного внесення з азотними та фосфорними сприяють формуванню високих врожаїв.

Порівняно з рівнем споживання азоту та калію, фосфор поглинається соєю в найменшій кількості. У рослинах цей макроелемент міститься в мінеральних та органічних речовинах, а також нуклеопротейдах і нуклеїнових кислотах, які мають важливе значення у синтезі білка, рості та розмноженні рослин, передачі спадкових ознак, формуванні якісних показників [13]. За дефіциту цього елемента відмічається уповільнення темпів росту рослин і наростання площі їх листкової поверхні, в наслідок

чого рівень урожайності істотно знижується [1].

Засвоєння фосфору кореневою системою починається вже через 3-5 діб після проростання насіння, досягаючи максимальних рівнів поглинання (до 0,45 кг/добу) з настанням фази формування бобів та припиняється за 10 діб до повної стиглості насіння [14]. Для сої характерним також є інтенсивне споживання основної частини фосфору на ранніх етапах розвитку і тимчасове нагромадження його про запас у вегетативних органах з подальшим переміщенням з листя, стебел та черешків у насіння [2]. Причому, в умовах оптимального зволоження інтенсивність засвоєння цього елемента живлення у два-три рази вища, ніж у посуху [14]. Свою потребу у фосфорі соя задовольняє виключно за рахунок його запасів у ґрунті та внесення фосфорних добрив [2].

За даними багатьох вчених [14, 15], збалансоване фосфорно-калійне живлення покращує розвиток кореневої системи рослин, підвищує масу та кількість бульбочок, ефективність симбіозу та олійність насіння, сприяє зниженню ураженості рослин хворобами та в підсумку, підвищує продуктивність культури.

Для нормального росту та розвитку сої і формування нею повноцінного та якісного насіння важливе значення має також оптимальне забезпечення її рослин кальцієм, магнієм, сіркою, марганцем, молібденом, цинком, бором та міддю [2]. Нестача цих елементів знижує ефективність азотфіксації, стійкість рослин до хвороб, величину врожаю та його якість [1, 14]. Ефективним заходом підвищення продуктивності сої є також внесення органічних добрив [2]. За оцінками фахівців, на формування 1 ц насіння сої витрачається близько 7,2-10,0 кг азоту, 1,7-4,0 кг фосфору, 2,2-4,4 кг калію, 0,8-0,1 кг магнію та 1,8-2,1 кг кальцію [2]. За даними Лихочвора В. В. [16], витрати поживних речовин дещо нижчі та складають: азоту – 6,5-7,5 кг, фосфору – 1,3-1,7 кг, калію 1,8-2,2 кг. За результатами досліджень науковців соя сорту Київська-27 на сірих лісових середньосуглинкових ґрунтах на формування 1 ц насіння і відповідної кількості побічної

продукції використовувала 7,3-7,8 кг азоту, 2,4-2,5 кг фосфору, 2,9-3,6 кг калію та 2,4-2,6 кг кальцію. Найбільший виніс з урожаєм азоту, порівняно з іншими елементами живлення сої, пояснюється високим вмістом білка в її насінні [14]. Обсяг спожитих рослинами сої елементів живлення залежить від ґрунтово-кліматичних умов вирощування, взаємозв'язку між поживними речовинами, які синтезуються в коренях та листостебловій масі, особливостей росту і розвитку рослин, їх взаємовідносин у фітоценозі та архітекtonіки посіву [11].

Після себе соя залишає на 1 га близько 60-150 кг/га біологічно фіксованого азоту, який використовується наступними культурами на 90-100 %, в той час як мінеральний азот лише на 50-60 %, а також 20-25 кг/га фосфору та 30-40 кг/га калію [17].

Оскільки мінеральні добрива істотно впливають на фізіологічні процеси у рослині та ефективність симбіозу, норми та строки їх внесення значно різняться, залежно від типу ґрунту та його агрохімічної характеристики, рівня запланованого врожаю, удобрення попередньої культури, сортових особливостей, умов вологозабезпеченості тощо [8].

Щодо внесення фосфорних та калійних добрив під сою єдина думка відсутня, оскільки одні вчені вважають, що потребу у фосфорі та калію вона може задовольнити самостійно завдяки високій здатності її кореневої системи засвоювати ці елементи з важкодоступних форм у ґрунті. Інші, вказують на позитивну реакцію рослин сої на внесення фосфорних та калійних добрив [18].

Ефективною для сої є норма $P_{45-60}K_{45-60}$, внесена під основний обробіток ґрунту. За результатами досліджень цих вчених, внесення $P_{30}K_{30}$ та $P_{90}K_{90}$ сприяло формуванню врожайності насіння сорту Устя на рівні 2,45 та 2,77 т/га, забезпечуючи приріст до контрольного варіанту, відповідно, 0,26 та 0,58 т/га або 11,9 і 26,5 %.

Адамень Ф. Ф. [14] зазначає, що ефективність калійних добрив є вираженою при вмісті калію в ґрунті в доступній формі менше ніж 85

кг/га, а фосфорних добрив – якщо вміст фосфору не перевищує 45 кг/га.

У досліджах Глушака А. Г. підвищенню врожаю – на 0,51-0,58 т/га, сприяло внесення P_{45} , застосування лише калійних добрив не змінювало його рівень відносно контрольного варіанту. Сумісне застосування калію, азоту та фосфору забезпечувало максимальний приріст урожайності – на 0,19-0,80 т/га [62], що підтверджує вищу ефективність повного мінерального удобрення [1].

За даними досліджень Бабича А. О. [14], внесення $N_{60}P_{60}K_{60}$ сприяло формуванню врожайності насіння сої на рівні 1,95 т/га, застосування $N_{60}P_{90}K_{90}$ – 2,14 т/га, тоді як на неудобреному варіанті – лише 1,65 т/га. Видатний вчений також зазначав, що екологічно більш виправданим є поєднання застосування ризоторфіну та фосфорно-калійних добрив, аніж повного мінерального добрива [16].

У значній мірі фосфорно-калійні добрива впливають і на хімічний склад насіння сої. Внесення $P_{45}K_{120}$, за умов проведення оранки та дискування, підвищувало вихід сирого протеїну на 0,56 т/га та олії на 0,42 т/га, порівняно до варіантів без удобрення [20].

Для сої, як і для решти зернобобових культур, важливу роль у формуванні її продуктивності відіграють умови ґрунтового живлення азотом. У симбіозі з бульбочковими бактеріями ця культура здатна засвоювати молекулярний азот атмосфери та на 50-70 % задовольняти свої потреби в цьому макроелементі самостійно. У зв'язку з цим, питання використання азотних добрив під сою є найбільш суперечливим та дискусійним, оскільки для створення, наприклад, бездефіцитного балансу в ґрунті за вмістом фосфору і калію можна точно розрахувати необхідні норми внесення фосфорних і калійних добрив. Для азоту такий підхід зовсім неможливий, так як йому характерний набагато складніший цикл перетворень в природі, а тому при визначенні норми азотних добрив слід відштовхуватись від оцінки реальних масштабів використання біологічного азоту за рахунок симбіотичної активності [21]. Суперечності щодо

азотного живлення сої обумовлені її біологічними особливостями та відмінностями ґрунтово-кліматичних умов, в яких проводили дослідження різні вчені [22].

На науковців [9], кількість азоту, необхідна для нормального росту і розвитку рослин сої на початкових етапах онтогенезу, до переходу їх на симбіотрофний тип живлення, невелика і може бути забезпечена його ґрунтовими запасами, а тому рослини не повинні відчувати азотного голодування. Внесення навіть низьких доз азоту (N_{10-30}) пригнічує процеси утворення та формування бульбочкових бактерій і їх нітрогеназну активність [23]. Однак, підвищений врожай насіння за рахунок симбіотичного азоту соя може формувати лише за умови раннього утворення бульбочок і високоефективного симбіозу [24].

Інша група вчених [25] стверджують, що незважаючи на здатність сої в значній мірі задовольняти свою потребу в азоті за рахунок його біологічної фіксації з атмосфери вона позитивно реагує на внесення мінерального азоту. У наслідок використання азотних добрив відмічається збільшення вегетативної маси, лінійного росту рослин, площі листової поверхні та в підсумку – врожайність і якість насіння сої, проте, інколи знижується її симбіотична продуктивність [26]. Однак точки зору, щодо норм внесення мінерального азоту різняться.

Одні вчені [25] доводять, що під сою, особливо на бідних ґрунтах, обов'язковим є внесення невеликих «стартових доз» азоту на рівні N_{10-45} , оскільки в перші 10-20 діб росту рослин, коли бульбочки ще не утворились, для утворення листової поверхні, необхідної для фіксації азоту з повітря бульбочковими бактеріями, соя використовує саме мінеральний азот.

Відомі вчений Лихочвор В. В. [6] рекомендують вносити стартову дозу азоту (N_{30}) лише на бідних ґрунтах та після неудобренних попередників, а повну дозу – на рівні N_{60-90} – у випадку неефективної роботи бульбочок.

Застосовувати мінеральні добрива під основний обробіток ґрунту в нормі $N_{45}P_{60-90}K_{60-90}$ рекомендує Бабич А. О. [2]. У проведених ним дослідях, приріст урожайності насіння сої за рахунок внесення мінеральних добрив у нормі $N_{45}P_{60}K_{60}$ становив 0,37 т/га (сорт Золотиста) та 0,43 т/га (сорт Омега Вінницька) [27]. Крім того, видатний вчений відмічав, що дія мінерального азоту у роки з прохолодними веснами, коли процеси нітрифікації відносно ослаблені, значно зростала [2].

Для формування урожайності насіння сої на рівні 3,0-3,5 т/га на сірих лісових ґрунтах необхідно вносити під зяблеву оранку по 60 кг/га д. р. фосфорних і калійних добрив і 30-45 кг/га д. р. азотних навесні.

Для умов Північного Лісостепу, за результатами досліджень Камінського В. Ф. [28], найбільш ефективним виявилось внесення мінеральних добрив у нормі $N_{45}P_{90}K_{90}$ та $N_{30}P_{60}K_{60} + N_{10}$ компенсуючої післядії соломи на фоні інокуляції насіння, що сприяло формуванню врожайності насіння сої сорту Устя на рівні 1,84-2,14 т/га.

У дослідях Панжйєва А. П. [29] максимальний урожай сої – на рівні 3,18 т/га було отримано за сумісної дії $N_{30}P_{90}K_{30}$ та інокуляції насіння Нітрагіном, що на 1,04 ц/га перевищувало контрольний варіант, але вміст білка був на 0,60 % нижчим, ніж при внесенні $N_{60}P_{90}K_{30}$.

За даними ТОВ «Науково-дослідний інститут сої» [30], найвищий врожай насіння з максимальним вмістом сирого протеїну соя сорту Агат (2,86 т/га) та сорту Київська 27 (2,50 т/га) формувала за умови застосування мінеральних добрив у нормі $N_{30(ВАС)}P_{60}K_{60}$ на фоні інокуляції насіння Ризоторфіном.

Згідно результатів досліджень Стрихара А. Є. [31], в умовах Лісостепу правобережного на чорноземах типових опідзолених внесення під посіви сої $N_{45}P_{45}K_{45}$ дозволило сформувати врожай насіння сортів Артеміда, Єлена та Київська 98 на рівні 2,55-3,56 т/га, не маючи при цьому негативного впливу на формування кількості та маси бульбочок.

На думку інших вчених [14], з метою отримання високих врожаїв насіння

сої під неї слід вносити вищі норми мінерального азоту – на рівні 60-90 кг/га, враховуючи процес взаємодоповнення автотрофного та симбіотрофного живлення, що базується на ефекті синергізму дії мінерального та симбіотичного азоту.

Внесення $N_{40}P_{40}K_{40}$ на широкорядних посівах сої у районі достатнього зволоження Лісостепу забезпечувало приріст урожаю насіння на рівні 0,18 т/га, а збільшення азоту до 60 кг/га на фоні $P_{40}K_{40}$ – на 0,41 т/га, відносно неудобреного варіанту. За норми $N_{40}P_{40}K_{40}$ вміст протеїну збільшувався на 1,8 %, за норми $N_{60}P_{40}K_{40}$ – на 3,0 %, порівняно з контролем [14].

Згідно експериментальних даних Дзюбайла А. Г. [32], найвищий істотний приріст урожайності насіння відносно контролю – на рівні 0,53 т/га або 38,4 % було отримано на варіанті з внесенням мінеральних добрив у нормі $N_{60}P_{60}K_{60}$. Максимальне підвищення вмісту сирого протеїну – на 68,2 % відмічено при нормі $N_{90}P_{60}K_{60}$. За внесення $N_{60}P_{60}K_{60}$ та $N_{30}P_{60}K_{60}$ зростання вмісту протеїну складало 62,9 та 47,0 %, відповідно.

У дослідженнях Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН, внаслідок застосування $N_{60}P_{60}K_{60}$ приріст урожаю насіння сої відносно неудобреного варіанту становив: у сорту Білосніжка – 0,31, Романтика – 0,31, Аметист – 0,18, Мрія – 0,21 т/га [33]. Така ж норма мінеральних добрив, внесена на темно-сірому опідзоленому ґрунті Лісостепу лівобережного забезпечила формування врожаю на рівні 3,5 т/га [34].

У випадку внесення мінеральних добрив у нормі $N_{60-90}P_{60-90}K_{60-90}$, рекомендують незалежно від типу ґрунту обов'язково вносити комплекс мікроелементів.

При застосуванні високих доз азотних добрив (N_{120}) під сою більшість вчених відмічали майже повне пригнічення симбіотичної діяльності бульбочкових бактерій, а ріст врожайності при цьому відбувався виключно завдяки засвоєнню рослинами мінерального азоту [35]. Однак, зустрічаються наукові роботи, в яких зазначено, що навіть при

високих нормах мінерального азоту за вирощування інокульованої сої відбувається активна фіксація молекулярного азоту атмосфери [36].

За відсутності умов для активної симбіотичної діяльності, наприклад, внаслідок пересихання та переущільнення ґрунту, нестачі тепла, високої кислотності ґрунтового середовища, значення азотних добрив істотно зростає і вносити їх у таких випадках слід саме у підвищених дозах [35].

Високі норми азотних добрив впливають також на хімічний склад насіння. Установлено, що при внесенні азотних добрив у нормі N_{120} вміст олії у насінні сої, порівняно з контролем, зріс удвічі, а при N_{180} – зменшився на 54,7 %. Щодо вмісту білка, при застосуванні N_{30} , відмічалось його зростання на 8,8 %, а на варіантах з підвищеними дозами азотних добрив вміст білку в насінні сої не відрізнявся від значень на контрольному варіанті.

Ефективність добрив, у тому числі азотних, в значній мірі залежить від строків їх внесення. Найбільш ефективним є внесення мінеральних добрив у два етапи: перший – 2/3 від їх загальної кількості під основний обробіток ґрунту, другий – 1/3 у підживлення. Позитивний вплив роздрібного внесення добрив обґрунтовується тим, що основну кількість поживних елементів соя поглинає під час цвітіння-наливу насіння, коли їх запаси в ґрунті вже вичерпуються. Тому з метою створення бездефіцитних за вмістом азоту умов для росту і розвитку рослин, потрібно ще на початку вегетації забезпечити їх достатньою кількістю мінерального азоту, а в подальшому – корегувати азотне живлення відповідно до потреб рослин [37].

Залежно від строків внесення азотних добрив змінюється й інтенсивність засвоєння рослинами азоту з них – при застосуванні їх до сівби коефіцієнт використання азоту становить понад 60 %, а при внесенні у підживлення – понад 80 % [13]. Особливо важливе значення підживлення сої азотними добривами відмічається у випадку перезволоження ґрунтів впродовж вегетації рослин, коли внаслідок анаеробіозу відбувається погіршення процесу азотфіксації через відмирання більш активної частини

коренів сої [38].

Бабич А. О. та Бабич-Побережна А. А. на сірих лісових ґрунтах рекомендують вносити $P_{60}K_{90} + N_{45}$, на чорноземах опідзолених – $N_{30-45}P_{60}K_{45-60}$, а за вирощування сортів інтенсивного типу – проводити підживлення N_{30} у фазі бутонізації [15].

В умовах Північного Лісостепу максимальний рівень реалізації потенціалу насінневої продуктивності сої сорту Омега Вінницька (2,92 т/га) був досягнутий за рахунок внесення мінеральних добрив у нормі $N_{30}P_{45}K_{60}$ та проведення підживлення N_{15} у фазі бутонізації [39].

У досліджах Трухачева В. І., Ключина П. В. [40] максимальний приріст урожаю – на рівні 0,21 т/га отримано в результаті внесення $P_{40}K_{40}$ + рядкове внесення $N_{15}P_{15}K_{15}$ та проведення підживлення N_{30} у фазі цвітіння. За такого комплексу мінерального удобрення отримано також найвищий вихід білка (0,77 т/га) та олії (0,34 т/га). Однак, автори відмічають, що у роки з недостатньою кількістю опадів підживлення N_{30} не виявляло позитивного ефекту щодо підвищення насінневої продуктивності сої.

Таким чином, одним із найбільш ефективних технологічних прийомів, що визначають рівень врожайності та якість насіння сої, є система удобрення. Враховуючи біологічну здатність цієї культури до споживання симбіотичного азоту та поглинання фосфору із важкодоступних сполук ґрунту, використання мінеральних добрив під сою є специфічним. Тому лише правильно сформована система удобрення та технологія вирощування сої дозволить реалізувати потенціал продуктивності та якості її насіння.

Розділ 2. Умови та методика проведення досліджень

2.1 Характеристика господарства

Дослідження проводились в умовах СФГ «Нива» Хмільницького району Вінницької області. Загальне землекористування господарства 1074,7 га. Вказана площа відноситься до категорії ріллі.

Відповідно до своєї спеціалізації господарство займається вирощуванням зернових, зернобобових та технічних культур. Площа та урожайність основних культур за останніх три роки представлена у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Площа посіву та урожайність основних с.-г. культур в господарстві,
2019–2021 рр.

Культури	Площа посіву, га				Врожайність, т/га			
	2019	2020	2021	Середня	2019	2020	2021	Середня
Оз. пшениця	210	210	224	214,7	6,3	6,7	7,5	6,8
Кукурудза	252	240	253,7	246,0	8,2	6,2	7,7	7,4
Соя	120,7	110	120	115,0	3,4	2,9	3,1	3,1
Ріпак озимий	220	240	235	231,7	3,5	3	3,4	3,3
Соняшник	210	260	240	236,7	3,2	2,8	3,1	3,0

Відповідно до наведених у таблиці даних соя в структурі посівних площ господарства займає 12,5 % що визначає її вагомий вклад у зерновиробництво господарства, а також підкреслює важливість наших досліджень з огляду на це урожайність її в умовах господарства є нестабільною і потребує підвищення саме за рахунок оптимізації удобрення, оскільки ґрунтово-кліматичні умови регіону сприятливі для отримання потенційно більш вищих урожаїв сої.

2.2. Ґрунтово-кліматичні умови проведення досліджень

Поверхня Тиврівського району, як і області, хвиляста рівнина, яка підвищується у північно-західному напрямку і знижується у південному та південно-східному напрямках. У центральній частині району з північно-

західного на південно-східний напрямок протікає р. Південний Буг. Річка використовується для малого судноплавства і як джерела гідроенергії.

Територія всього – 88,2 тис.га, в тому числі: сільськогосподарські угіддя – 69,6 тис.га; із них: рілля – 59,1 тис.га; ліси і інші лісовкриті площі – 11,1 тис.га; забудовані землі – 3,3 тис.га; землі водного фонду – 1,4 тис.га.

Ґрунтовотворні породи – це леси і лесовидні суглинки, піски, супіски, вапняки, глини, алювіальні відклади. На території району переважно розташовані світло-сірі, сірі, темно-сірі та незначна кількість чорноземних ґрунтів. Бал бонітету сільськогосподарських угідь складає 32 (по області – 37), в тому числі ріллі – 35 (по області – 40). Вміст гумусу по району складає 2,61. При неправильному використанні земельних ресурсів можлива деградація і забруднення земель і ґрунтів (родючого шару). Ґрунт дослідного поля сірий опідзолений. По результатах агрохімічних обстежень має такі агрохімічні характеристики: вміст гумусу (за Тюріним) – 2,52 %; гідролітична кислотність (за Каппеном) – 2,52 мг-екв/100 г ґрунту; рН – 5,9; легкогідролізованого азоту (за Тюріним-Коновою) – 81 мг/кг; P₂O₅ (за Чириковим) – 147 мг/кг; K₂O (за Масловою) – 132 мг/кг ґрунту (табл. 2.2).

Таблиця 2.2

Агрохімічна характеристика ґрунту дослідного поля

Глибина горизонту, см	Вміст гумусу, %	рН сольової витяжки	Ємкість поглинання, мг/екв на 100 г ґрунту
0-10	2,52	5,9	17,5
35-45	2,18	5,8	16,0
70-80	1,12	5,5	15,1
130-140	0,92	5,5	14,2
210-220	-	5,3	-

Слід зауважити, що темно-сірі лісові: серед сірих лісових ґрунтів виділяється найбільш інтенсивним дерновим процесом і найменш – підзолистим (кременеземиста присипка не щільна, іноді може взагалі відсутні). Потужність гумусового горизонту – до 40 см, вміст гумусу – від 3,5-4% до 8-9%, гумінові кислоти переважають над фульвокислот.

Реакція середовища – слабокисла. Характерна наявність новоутворень кальцію на глибині 120-150 см [40].

Територія району має помірно-континентальний клімат. Середньорічна температура повітря становить 7,0 °С, найнижча середньомісячна температура зимою складає мінус 6,0 °С, найвища – літом 18,0 °С. Найнижча температура становить мінус 38 °С, зимою спостерігаються тривалі інтенсивні відлиги. Літо характеризується високими сталими температурами. Найвища температура сягає 38 °С.

За багаторічними метеорологічними спостереженнями перехід середньодобової температури через +5 °С весною відбувається на початку квітня, а восени – в кінці жовтня – на початку листопада. Таким чином, тривалість вегетаційного періоду становить 200-205 днів [40]. Перші приморозки на поверхні ґрунту спостерігаються в кінці вересня, останні заморозки на ґрунті – в середині травня. Середньорічна температура становить 8,4 °С. Середньорічна сума опадів – 580-630 мм, за вегетаційний період випадає 432 мм опадів. Найбільше вологи випадає літом – 80-90 мм /міс., найменше – зимою – 30-35 мм/міс. В середньому за рік спостерігається 4 бездощові та з неефективними опадами періоди тривалість до 10 днів, 2 періоди тривалість до 15 днів, 1 – до 20 днів та кожні 2 роки тривалістю понад 25 днів. Кожен третій-четвертий дощ у червні-липні має зливовий характер, тому значна частина вологи стікає в низини, а на поверхні ґрунті утворюється кірка. Сніговий покрив неглибокий і нестійкий, з'являється в грудні і в березні зникає. Запас продуктивної вологи на період посіву озимих становить 130-140 мм, ярих – 180-200 мм. Найвища середньомісячна вологість повітря спостерігається зимою - 85-90, найменша – у травні – 66 %. Волога з поверхні ґрунту випаровується в помірній кількості – 5-40 м /га за добу, але часто бувають посушливі періоди, які негативно впливають на ріст рослин.

2.3. Аналіз гідротермічних умов в роки проведення досліджень

Згідно даних агрометеорологічних спостережень, основні показники кліматичних умов у роки проведення досліджень (2020-2021 рр.) були контрастними порівняно до середніх багаторічних даних (Табл. 2.3).

Гідротермічні умови 2020 року відрізнялися від середніх багаторічних показників. Зокрема, у квітні випала менша кількість опадів порівняно із середньобагаторічними даними на 17 мм. Що стосується травня, то він характеризувався надлишком вологи, кількість опадів склала 134 мм, що більше порівняно із середніми багаторічними показниками на 81 мм, нижча кількість опадів спостерігалася у червні на 6 мм, як і в липні та серпні на 60 і 41 мм відповідно. Що стосується температурного режиму, то він також значно відрізнявся від середніх багаторічних даних. У квітні спостерігався дещо вищий температурний режим – 9,2 °С, однак значно нижчі температури відмічено в умовах травня – 11,6 °С, це нижче порівняно із багаторічними показниками на 2,4 °С. Що відобразилося на погіршенні процесів росту й розвитку рослин сої.

Таблиця 2.3

Гідротермічні умови в період проведення досліджень

Місяць	Середньомісячна температура повітря, °С			Опади, мм		
	2020	2021	Сер. баг.	2020	2021	Сер. баг.
Квітень	9,2	7,0	8,0	32	34	49,0
Травень	11,6	13,5	14,0	134	102	53,0
Червень	20,2	19,3	17,0	67	83	73,0
Липень	20,4	22,4	18,0	28	35	88,0
Серпень	20,4	19,2	17,0	28	53	69,0
Вересень	19,0	15,1	13,0	63	0,9	47,0
Квітень – вересень	16,9	16,1	14,5	352	307,9	379

Наступні місяці характеризувалися підвищеним температурним режимом на 3,2 °С у червні, на 2,4 °С у липні та на 3,4 °С у серпні. Умови

2020 року виявилися більш контрастними як за вологозабезпеченням так із температурним режимом, що відобразилося на процесах росту й розвитку рослин сої.

Відносно температурного режиму то він виявився більш контрастним порівняно із умовами 2020 року. Зокрема, досить прохолодним був квітень місяць – 7 °С, це стосується і травня – 13,5 °С, у червні підвищення температурного режиму до 19,3 °С, це вище за середньо багаторічні показники на 2,3 °С, у липні 22,4°С, у серпні 19,2°С та у вересні 15,1°С. Умови 2021 року виявилися досить добре забезпеченні вологою так у квітні випало 34 мм, у травні 102 мм, а у червні 83 мм, липні 35 мм, серпні 53 мм і у вересні лише 0,9 мм.

2.4. Схема досліду та методи проведення досліджень

Для вирішення поставлених завдань було закладено багатофакторний польовий дослід. Дослідженнями передбачалось вивчення дії та взаємодії трьох факторів: А – сорт; В – інокуляція насіння; С – удобрення (табл. 2.4).

Таблиця 2.4

Схема досліду

Фактор А: сорт	Фактор В: інокуляція насіння	Фактор С: удобрення, кг/га д. р.
Кіото Кордоба	без інокуляції (контроль) Фосфонітрагін	Без добрив (контроль) N ₁₅ P ₆₀ K ₆₀ N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₅

Співвідношення факторів 2x2x8. Площа облікових ділянок – 50 м². Розміщення варіантів систематичне. Повторність чотириразова.

Технологія вирощування сої – рекомендована для зони проведення досліджень, за виключення заходів, що вивчали. Попередник – пшениця озима. Після її збирання проводили основний обробіток ґрунту, який

включав лушення стерні на глибину 8-10 см та послідуєчу зяблеву оранку на глибину 20-22 см.

Система удобрення передбачала внесення під основний обробіток ґрунту фосфорних і калійних добрив (суперфосфат гранульований та 40 % калійна сіль) з розрахунку $P_{60}K_{60}$ д. р., а також азотних (аміачна селітра) згідно схеми досліджень – під передпосівну культивуацію та у фазі бутонізації шляхом підживлення рослин у відповідних варіантах. Протруєння насіння проводили за 14 діб до сівби протруйником Максим XL 035 FS (1 л/т насіння).

У день сівби насіння сої інокулювали бактеріальним препаратом Фосфонітрагін сільськогосподарського призначення сертифікованого в Україні, відповідно до «Рекомендацій по ефективному застосуванню біопрепаратів азотфіксуючих і фосформобілізуєчих бактерій в сучасному ресурсозберігаєчому землеробстві» [41]. Рівень бактеріального навантаження складав 400 тис. клітин на 1 насінину.

Фосфонітрагін – комплексний бактеріальний препарат для сої на основі штамів бульбочкових бактерій (*Br. japonicum*) і фосформобілізуєчих мікроорганізмів (*B. mucilaginosus*), який використовують для покращення мінерального живлення рослин, інтенсифікації їх росту і розвитку, зниження ураження фітозахворюваннями та підвищення стійкості до абіотичних стресових факторів.

Сівбу сої проводили при прогріванні ґрунту на глибині 10 см до температури 10-12 °С. Спосіб сівби – широкорядний з шириною міжрядь 45 см. Збирання врожаю проводили комбайном Сампо-130 у фазі повної стиглості при вологості насіння 14-16 % з подальшим перерахунком на 100 % чистоту та 14 % вологість.

Спостереження, обліки та лабораторні дослідження проводили згідно широко апробованих методик у рослинництві:

- фенологічні спостереження за ростом і розвитком рослин

виконували згідно «Методики державного сортовипробування сільськогосподарських культур» [42] та «Основ наукових досліджень в агрономії» [43]. Відмічали фази росту рослин: сходи, бутонізація, початок цвітіння, кінець цвітіння, повний налив насіння, фізіологічна стиглість. Початок фази відмічали, коли вона наставала в 10 % рослин, повну – у 75 % рослин;

- висоту рослин визначали шляхом проведення замірів на закріплених кілочках 25 рослинах у 3-разовій повторності у двох несуміжних повтореннях [44];

- густоту стояння рослин визначали двічі за вегетацію на фіксованих ділянках: у фазах повні сходи та повна стиглість насіння. Підрахунок кількості рослин виконували на постійно закріплених кілочках ділянках площею 1 м² у всіх варіантах та повтореннях дослідів [42].

Облік густоти посівів проводили у фазі повних сходів і перед збиранням урожаю. Облік густоти у фазу повних сходів, знаючи норму висіву, дає змогу визначити польову схожість. Облік густоти перед збиранням урожаю дає змогу розрахувати збереженість рослин за вегетаційний період за формулою:

- $P = (Z \times 100) : C$,

- де: P – збереження рослин, %;

- Z – кількість рослин перед збиранням, шт./м²;

- C – кількість рослин на час повних сходів, шт./м²;

- 100 – число для перерахунку у відсотки.

- перед збиранням насіння відбирали пробні снопи з кожного варіанту для визначення структури та індивідуальної продуктивності рослин. Облік урожаю проводили поділянково методом суцільного обмолоту прямим комбайнуванням з наступним перерахунком на стандартну вологість та засміченість насіння [42];

- вологість насіння та масу 1000 насінин визначали за стандартом

ДСТУ 4138-2002 [45];

– математичну обробку отриманих результатів досліджень виконували методом дисперсійного і кореляційно-регресійного аналізу на персональному комп'ютері із використанням спеціальних пакетів прикладних програм Excel, Sigma, Statistika [46];

– за отриманими результатами насінневої урожайності сої розраховували економічну ефективність її вирощування залежно від проведення інокуляції та внесення мінеральних добрив [47].

Розділ 3. Результати експериментальних досліджень

3.1 Тривалість міжфазних періодів та періоду вегетації залежно від впливу елементів технології вирощування

Соя (*Glycine max (L) Merrill*) – головна зернобобова культура світового землеробства XXI століття, оскільки її вирощування сприяє вирішенню проблеми дефіциту білка, поповненню ресурсів олії та запасів азоту в ґрунті.

Однією з умов зростання обсягів виробництва цієї культури є розробка та впровадження таких технологій її вирощування, які найбільш повно відповідають генетичним особливостям сорту та враховують взаємодію рослинного організму із гідротермічними умовами та антропогенними факторами [49].

Формування високої врожайності насіння сої можливе, в першу чергу, за умови достатнього живлення, яке обумовлюється погодними умовами, ґрунтовою родючістю, системою удобрення, а також фотосинтетичною та симбіотичною продуктивністю. Змінюючи режим мінерального живлення, змінюються й умови, в яких проходить ріст і розвиток рослин [50].

Важливим резервом підвищення насінневої продуктивності сої є інокуляція насіння бактеріальними препаратами, оскільки позитивно впливаючи на біометричні параметри рослин, покращуючи процеси фотосинтезу та азотфіксації і подовжуючи тривалість вегетаційного періоду, вони сприяють формуванню вищої врожайності насіння [51].

У цілому, застосування тих чи інших агротехнічних заходів обумовлює зміни в умовах життя рослин та впливає на процеси їх росту і розвитку.

Однією з найважливіших господарських ознак, що визначає придатність сорту до вирощування в певній агрокліматичній зоні, є тривалість вегетаційного періоду та окремих його фаз [52], оскільки за

оптимальних строків сівби сорти повинні гарантувати досягання насіння при мінімальних енергетичних затратах на його досушування. Залежно від тривалості періоду вегетації та окремих фенологічних фаз росту і розвитку сої змінюється також її продуктивність [53].

На тривалість вегетаційного періоду впливають генетичні особливості сорту, ґрунтово-кліматичні умови регіону та застосування тих чи інших елементів технології вирощування. Спадковість обумовлює прояв зазначеної ознаки на 70 %, сукупність інших факторів – лише на 30 % [54].

Більшості сучасних сортів сої властива вузька екологічна пристосованість та придатність для вирощування у ґрунтово-кліматичних умовах певної географічної широти. Перенесення сорту північніше чи південніше призводить до зміни тривалості вегетаційного періоду, продуктивності, якості насіння та стійкості проти шкідливих організмів [55].

У результаті проведених впродовж 2020-2021 рр. досліджень встановлено, що тривалість вегетаційного періоду та окремих фенологічних фаз росту і розвитку рослин сої значною мірою визначались погодними умовами року, сортовими особливостями та дією технологічних факторів.

Тривалість досходового періоду в роки досліджень була різною та обумовлювалась, переважно, гідротермічними умовами. У 2021 р. за підвищеного температурного режиму та наявності достатньої кількості вологи в ґрунті дружні сходи з'явилися через 8-9 діб. У 2020 р. надмірна кількість опадів обумовила затягування періоду проростання насіння, в результаті чого сходи з'явилися дещо зріджені та нерівномірні через 14-15 діб від дати проведення сівби. В середньому за період досліджень тривалість досходового періоду у

Таблиця 3.1

**Тривалість міжфазних періодів росту і розвитку рослин сортів сої
залежно від норм мінеральних добрив та інокуляції насіння, діб (у середньому за 2020-
2021 рр.)**

Сорт	Удобрення	Тривалість від фази повні сходи до фази									
		бутонізація		початок цвітіння		кінець цвітіння		повний налив насіння		повна стиглість	
		б/і*	і	б/і	і	б/і	і	б/і	і	б/і	і
Кіото	Без добрив (контроль)	31	31	35	35	62	63	85	86	101	102
	N ₁₅ P ₆₀ K ₆₀	31	32	35	36	62	64	85	86	102	104
	N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀	32	33	37	38	63	65	86	87	104	105
	N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀	32	33	37	38	64	65	88	89	105	106
	N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₅	32	33	37	38	66	67	89	91	106	107
Кордоба	Без добрив (контроль)	36	36	41	42	71	72	91	92	110	111
	N ₁₅ P ₆₀ K ₆₀	36	37	41	42	71	72	91	92	111	112
	N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀	37	38	42	43	73	74	93	94	112	113
	N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀	37	38	43	44	74	75	94	95	113	114
	N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₅	37	37	43	43	76	77	96	97	116	117
НР _{0,05} загальна		0,8		0,7		0,9		0,7		1,0	

*Примітка: б/і – варіанти досліду без застосування інокуляції;

і – варіанти досліду із застосуванням передпосівної інокуляції.

сортів Кіото та Кордоба складала, відповідно, 11 та 12 діб. На посівах сорту Кордоба сходи з'являлись на 1 добу пізніше, ніж у сорту Кіото.

У цілому, під впливом мінеральних добрив, інокуляції насіння і погодних умов вегетаційний період у сої сорту Кіото становив 101-107 діб, сорту Кордоба – 110-117 діб. Сорт Кіото досягав на 8-10 діб раніше, порівняно з сортом Кордоба (табл. 3.1).

На тривалість періоду вегетації суттєво впливають погодні умови [56]. У вологі роки він подовжується (на 8-15 діб), у посушливі, навпаки, скорочується, оскільки нестача вологи спричинює призупинення ростових процесів у рослинах, в наслідок чого в них швидше настають і проходять фенологічні фази розвитку та скорочується загальна тривалість вегетаційного періоду [57].

У наших дослідженнях за період вегетації рослини сорту Кіото накопичували суму активних температур на рівні 2021,2-2138,1 °С, сорту Кордоба – 2170,4-2266,6 °С (табл. 3.2). Сума опадів за вказаний період становила, відповідно, 231,8-245,2 та 247,1-279,2 мм, ГТК – 1,1 та 1,1-1,2, середньодобова температура повітря – 20,1-20,3 та 19,6-20,1 °С.

Найбільш тривалий вегетаційний період рослин сої відмічено у 2020 р. – 101-107 діб у сорту Кіото та 110-117 діб – у сорту Кордоба. У вказаний рік впродовж росту і розвитку рослин випало 308,7-337,2 мм опадів при середньодобовій температурі повітря 18,6-19,5 °С та ГТК на рівні 1,4-1,5. В цілому, вегетація сої у 2020-2021 рр. проходила за сприятливих погодних умов, а тому тривалість періоду вегетації відповідала групі стиглості кожного сорту. Сума накопичених рослинами активних температур становила 2040,5-2324,4 °С.

Найкоротша тривалість вегетаційного періоду була відмічена на контрольному варіанті досліду і становила у сорту Кіото 101 та 102 доби. У сорту Кордоба 110 та 111 діб відповідно. Тобто за проведення інокуляції тривалість вегетаційного періоду незалежно від групи стиглості гібрида

Таблиця 3.2

Наявність гідротермічних ресурсів у період вегетації сортів сої (у середньому за 2020-2021 рр.)

Сорт	Удобрення	Показник							
		середньодобова температура повітря, °С		сума активних температур повітря >10, °С		сума опадів, мм		ГТК	
		проведення передпосівної інокуляції*							
		б/і	і	б/	і	б/	і	б/і	і
Кіото	Без добрив	20,2	20,2	2032,4	2050,5	231,8	233,8	1,1	1,1
	N15P60K60	20,2	20,2	2055,9	2086,5	233,8	233,9	1,1	1,1
	N30P60K60	20,2	20,1	2084,4	2103,4	233,8	236,9	1,1	1,1
	N45P60K60	20,1	20,1	2109,5	2128,8	236,9	236,9	1,1	1,1
	N30P60K60 + N15	20,1	20,2	2127,5	2138,1	238,9	245,2	1,1	1,1
Кордоба	Без добрив	20,1	20,0	2182,6	2196,1	247,1	251,9	1,1	1,2
	N15P60K60	20,0	19,9	2200,5	2218,6	251,9	268,9	1,1	1,2
	N30P60K60	19,9	19,8	2214,3	2231,0	268,9	270,4	1,2	1,2
	N45P60K60	19,8	19,8	2231,5	2235,0	268,9	270,4	1,2	1,2
	N30P60K60 + N15	19,7	19,6	2254,1	2266,6	272,9	279,2	1,2	1,2

*Примітка: б/і – варіанти дослідів без застосування інокуляції;

і – варіанти дослідів із застосуванням передпосівної інокуляції.

підвищувалася на 1 добу.

За внесення мінеральних добрив нормою N15P60K60 тривалість вегетаційного періоду у сорту Кіото склала 102 та 104 доби, а у сорту Кордоба 111 і 112 діб. За внесення мінеральних добрив у нормі N30P60K60 тривалість вегетаційного періоду у сорту Кіото підвищилася до 104 і 105 діб, а у сорту Кордоба до 112 та 113 діб.

За підвищення норм внесення мінеральних добрив до N45P60K60 тривалість вегетаційного періоду подовжилася у сорту Кіото до 105 і 106 діб, а у сорту Кордоба до 113 та 114 діб.

Найдовша тривалість вегетаційного періоду була відмічена на варіанті досліду, де було внесено норми добрив N30P60K60 у передпосівну культивування та проведено підживлення N15 під час бутонізації, при цьому тривалість вегетаційного періоду у сорту Кіото склала 106 і 107 діб, а у сорту Кордоба відповідно 116 і 117 діб.

Нами встановлені взаємозв'язки між показниками погоди та тривалістю вегетаційного періоду сортів сої, що вивчались (рис. 3.1, 3.2).

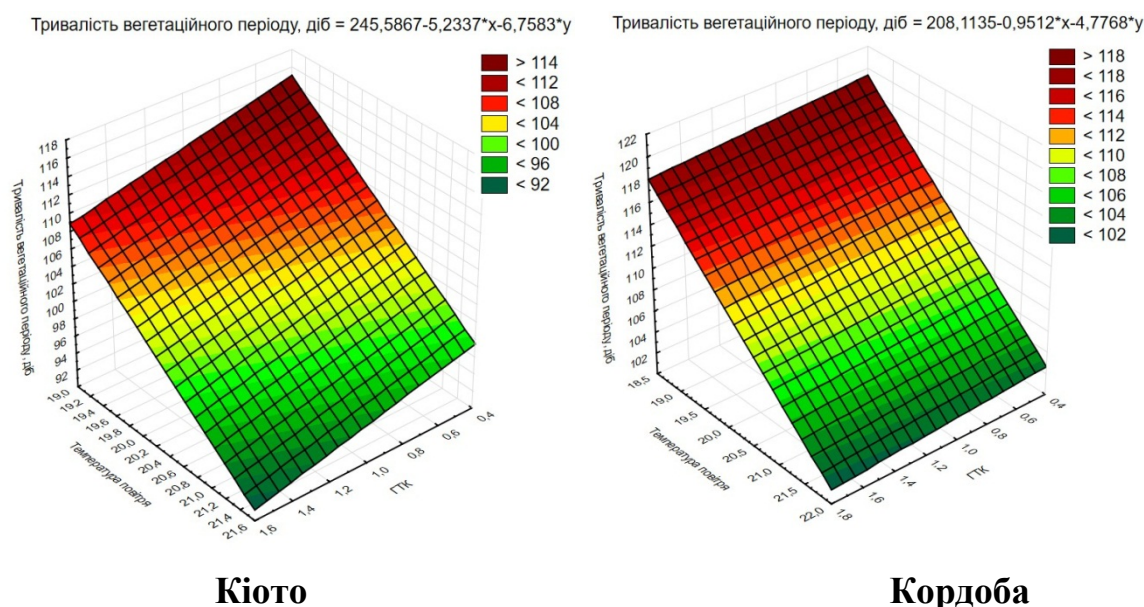


Рис. 3.1. Тривалість вегетаційного періоду рослин сої залежно від середньодобової температури повітря та ГТК

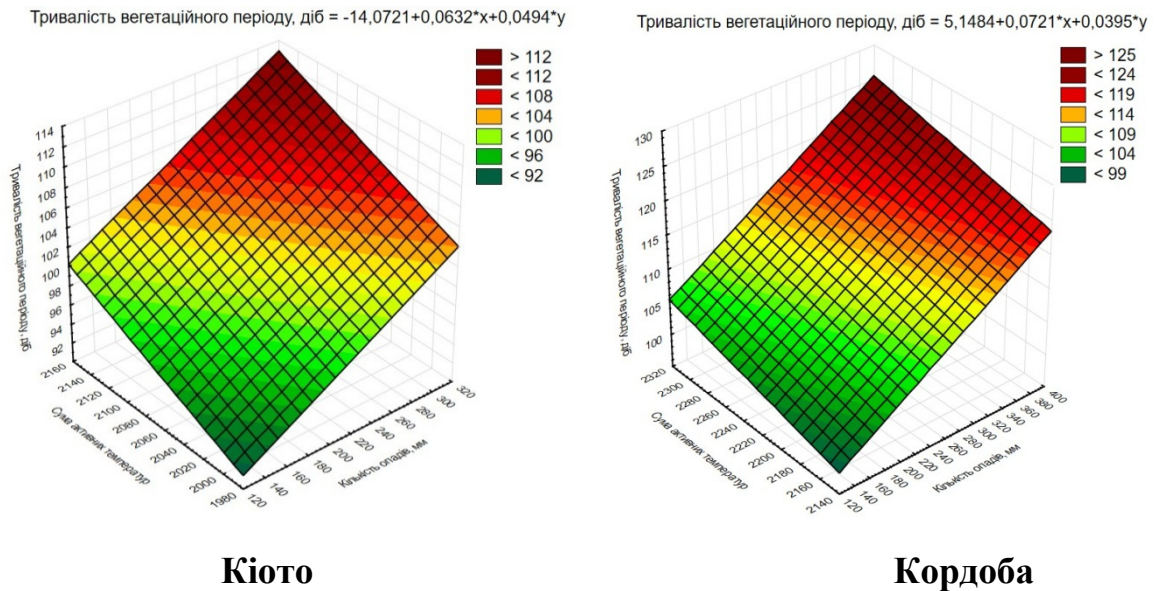


Рис. 3.2. Тривалість вегетаційного періоду рослин сої залежно від кількості опадів та суми активних температур (середнє за 2020-2021 рр.)

На підставі побудови поверхні відгуку визначено, що тривалість вегетаційного періоду рослин сої залежно від ГТК (x) та середньодобової температури повітря (y) можна описати рівняннями:

– у сорту Вільшанка: $T = 245,58 - 5,23x - 6,75y$;

– у сорту Сузір'я: $T = 208,11 - 0,95x - 4,77y$.

Тривалість вегетаційного періоду рослин, залежно від кількості опадів (x) та накопиченої суми активних температур (y), описується рівняннями:

– у сорту Кіото: $T = -14,07 + 0,063x + 0,049y$;

– у сорту Кордоба: $T = 5,14 + 0,07x + 0,39y$.

На основі проведеного аналізу отримані рівняння регресії, які відображають залежність тривалості періоду вегетації рослин сої (B) від дії середньодобової температури повітря (T), суми активних температур (Ta), кількості опадів (O) та ГТК (ГТК):

– для сорту Кіото: $B = 108,2 - 4,64T + 0,04Ta + 0,07O - 14,07ГТК$.

– для сорту Кордоба: $B = 147,8 - 5,54T + 0,03Ta + 0,15O - 35,2ГТК$.

Отримані рівняння регресії мають коефіцієнти значимі на 5 % рівні (p-level < 0,05).

Окремо, нами проведений аналіз впливу гідротермічних умов довкілля на тривалість вегетаційного періоду рослин сої за умови бактеризації насіння. Виявлені залежності описуються нижченаведеними рівняннями регресії:

– для сорту Кіото: $V = 109,3 - 4,79T + 0,04T_a + 0,06O - 13,4ГТК$;

– для сорту Кордоба: $V = 150,2 - 5,51T + 0,03T_a + 0,17O - 28,7ГТК$, де V

– тривалість вегетаційного періоду рослин сої, діб; T – середня температура повітря, $^{\circ}C$; T_a – сума активних температур, $^{\circ}C$; O – сума опадів, мм; ГТК – гідротермічний коефіцієнт. Отримані рівняння регресії мають коефіцієнти значимі на 5 % рівні ($p\text{-level} < 0,05$).

На основі проведеного регресійно-кореляційного аналізу визначали також парні коефіцієнти кореляції рослин сої на фоні інокуляції та без її проведення.

Кореляційні розрахунки вказують на те, що тривалість вегетаційного періоду неінокульованих рослин сої сорту Кіото позитивно корелює з сумою активних температур ($r = 0,21$), кількістю опадів ($r = 0,92$) та ГТК ($r = 0,89$), і має від'ємну залежність від впливу середньої температури повітря ($r = - 0,92$). У сорту Кордоба відмічена позитивна кореляція з кількістю опадів ($r = 0,94$) та ГТК ($r = 0,93$), і від'ємна – з сумою активних температур ($r = -0,39$) та середньою температурою повітря ($r = - 0,95$).

За проведення інокуляції насіння Фосфонітрагіном тривалість вегетаційного періоду у сортів Кіото та Кордоба позитивно корелює з сумою активних температур (відповідно, $r = 0,36$ та $r = 0,30$), кількістю опадів – ($r = 0,89$ та $r = 0,94$) і ГТК ($r = 0,86$ і $r = 0,93$), та від'ємно – з середньодобовою температурою повітря ($r = - 0,91$ та $r = - 0,94$).

Для кожного сорту сої властива своя, генетично обумовлена тривалість вегетаційного періоду [58]. Проте, вегетаційний період визначався не лише сортовими особливостями та гідротермічними умовами, але й реакцією їх на проведення бактеризації насіння та внесення мінеральних добрив.

Дослідженнями встановлено, що проведення інокуляції насіння Фосфонітрагіном сприяло подовженню періоду вегетації рослин обох сортів сої на 1 добу. Застосування азотних добрив у нормах 15, 30 і 45 кг/га д. р. на фоні $P_{60}K_{60}$, , подовжувало період вегетації рослин сорту Кіото на 2-6 діб, сорту Кордоба – на 2-7 діб. Серед досліджуваних варіантів удобрення найбільш тривалий вегетаційний період відмічено за внесення азотних добрив N_{30} в основне удобрення на фоні $P_{60}K_{60}$ та додатково N_{15} у фазі бутонізації рослин. На зазначеному варіанті тривалість вегетаційного періоду рослин сорту Кіото становила 106 діб, сорту Кордоба – 116 діб.

Комплекс гідротермічних умов, які складались впродовж вегетації рослин сої, та технологічних факторів при її вирощуванні впливав не лише на загальну тривалість вегетаційного періоду, але й на тривалість окремих фенологічних фаз. У результаті проведених фенологічних спостережень встановлено, що, залежно від дії досліджуваних факторів, за період досліджень початок фази бутонізації у сорту Кіото наставав через 31-33 доби від дати появи повних сходів, у сорту Кордоба – через 36-38 діб (див. табл. 3.1). На швидкість настання фази бутонізації рівень мінерального удобрення значною мірою не впливав. Інокулювання насіння Фосфонітрагіном, на фоні різного рівня мінерального удобрення, затримувало настання фази бутонізації досліджуваних сортів сої на 1-2 доби.

Початок цвітіння у ранньостиглих сортів сої, зазвичай, відмічається на 28-30 добу, у пізньостиглих генотипів – на 55-57 добу [59]. У наших дослідженнях початок фази цвітіння у рослин скоростиглого сорту Кіото відмічався через 34-38 діб, у середньораннього сорту Кордоба – через 40-44 доби після появи сходів. Внесення азотних добрив на фоні $P_{60}K_{60}$ затримувало початок цвітіння у рослин обох досліджуваних сортів на 1-2 доби. В цілому, за сумісної дії бактеризації насіння та внесення мінеральних добрив початок фази цвітіння у рослин обох сортів наставав пізніше на 1-3 доби, відносно значень на контрольних варіантах.

Закінчення фази цвітіння, залежно від дії досліджуваних факторів та гідротермічного режиму у сорту Кіото відмічено, в середньому, через 61-67 діб, у сорту Кордоба – через 70-77 діб після настання фази повних сходів. Інокуляція насіння Фосфонітрагіном подовжувала період цвітіння в обох сортів на 1 добу. Роздрібне внесення азотних добрив N_{30} в основне удобрення на фоні $P_{60}K_{60}$ та додаткове внесення N_{15} у фазі бутонізації в поєднанні з інокуляцією насіння затримувало закінчення фази цвітіння у рослин сорту Кіото на 5 діб, у рослин сорту Кордоба – на 6 діб.

Аналогічну залежність спостерігали щодо фази наливу насіння, яка у сорту Кіото, залежно від варіанту досліду, наставала через 84-91 добу після появи сходів, у сорту Кордоба – через 90-97 діб. Відмінності між сортами в настанні усіх фаз росту і розвитку рослин сої обумовлені їх біологічними особливостями та належністю до різних груп стиглості.

Таким чином, за результатами наших досліджень встановлено, що сумісна дія інокуляції насіння Фосфонітрагіном та роздрібного внесення азотних добрив N_{30} в основне удобрення на фоні $P_{60}K_{60}$ та додатково N_{15} у підживлення у фазі бутонізації сприяла подовженню тривалості вегетаційного періоду рослин, що позитивно вплинуло на формування рівня продуктивності культури. Визначені тісні кореляційні зв'язки між тривалістю періоду вегетації досліджуваних сортів сої та гідротермічними умовами року.

3.2 Динаміка густоти стояння рослин сої та їх виживаність

Формування високих врожаїв сої можливе лише в посівах з оптимальною щільністю стеблостою та добре розвиненими і рівномірно розподіленими на площі живлення рослинами. Значною мірою такі параметри соєвого агрофітоценозу досягаються за рахунок отримання своєчасних і дружних сходів та високих значень польової схожості і виживаності рослин впродовж періоду вегетації [12, 26, 109]. За умови

достатнього забезпечення вологою та поживними речовинами, соя, як світлолюбна культура, реалізує потенціал своєї продуктивності лише за оптимальної для сорту площі живлення і густоти стояння рослин [60].

Надмірна або недостатня густина рослин сої на площі призводить до формування недосконалої оптико-біологічної моделі посіву, в результаті чого фотосинтетично-активна сонячна радіація використовується нерационально. Крім того, невідповідна сортовим вимогам густина стояння рослин сої впливає на формування різної структури врожаю та індивідуальної продуктивності рослин сої, перш за все – маси рослин, кількості вузлів, гілок, бобів і насінин на одній рослині, а також висоти прикріплення бобів нижнього ярусу [60].

У зріджених посівах рослини інтенсивно гілкуються, формується надмірна їх облиственість, утворюється багато насіння і бобів, під масою яких та під дією вітру гілки часто обламуються. В таких посівах боби мають низьке прикріплення та нерівномірно дозрівають, що в цілому, не зважаючи на, зазвичай, високу індивідуальну продуктивність, призводить до зменшення врожайності з одиниці площі. У загущених посівах, в наслідок щільного розміщення рослин, погіршується їх освітленість, знижується продуктивність фотосинтезу, листя передчасно жовтіє та опадає, формується менша кількість бобів і насінин.

На рівномірність розподілу рослин на площі та формування їх густоти стояння значною мірою впливає польова схожість насіння – низькі її значення створюють значний розрив між нормою висіву насіння та кількістю рослин на одиниці площі на час збирання врожаю. Цей показник є варіабельною ознакою, величину якої обумовлюють посівні якості насіння, способи підготовки його до сівби, гідротермічні умови, попередники, система удобрення, норма висіву, строки та способи сівби тощо [58].

Нами було встановлено прояв сортових особливостей та дію і взаємодію мінерального удобрення та бактеріальної обробки насіння на

формування польової схожості і густоти стояння рослин сої. В середньому під дією досліджуваних факторів та гідротермічних умов польова схожість у сорту Кіото становила 85,3-92,0 %, у сорту Кордоба – 87,9-95,4 %, що забезпечило густоту стояння рослин у фазі сходів, відповідно, 54,6-59,9 та 56,2- 61,7 шт./м² (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

Польова схожість насіння та виживаність рослин сої залежно від дії досліджуваних факторів (у середньому за 2020-2021 рр.)

Удобрення	Інокуляція	Густота стояння рослин,		Польова схожість, %	Вживаність на період збирання, %
		повні сходи	на період збирання		
Кіото					
Без добрив (контроль)	1*	62,4	55,6	89,2	89,0
	2	64,0	58,0	91,4	90,7
N15P60K60	1	63,0	57,7	90,0	91,6
	2	64,4	59,9	92,0	93,0
N30P60K60	1	62,6	57,7	89,4	92,2
	2	63,7	59,8	91,0	93,9
N45P60K60	1	59,7	54,6	85,3	91,4
	2	60,3	56,1	86,2	93,0
N30P60K60 + N15	1	62,4	58,5	89,2	93,7
	2	63,6	60,5	90,8	95,2
Кордоба					
Без добрив (контроль)	1*	64,5	56,8	92,1	88,1
	2	66,0	59,4	94,3	90,0
N15P60K60	1	65,3	59,3	93,3	90,8
	2	66,8	61,7	95,4	92,4
N30P60K60	1	64,9	59,8	92,7	92,2
	2	65,8	61,3	94,0	93,2
N45P60K60	1	61,5	56,2	87,9	91,3
	2	62,1	57,6	88,7	92,8
N30P60K60 + N15	1	65,0	60,9	92,8	93,8
	2	65,9	62,4	94,1	94,7
НІР _{0,05} загальна		1,23	1,11		
НІР _{0,05} сорт		0,34	0,25		
НІР _{0,05} удобрення		0,76	0,66	–	–
НІР _{0,05} інокуляція		0,34	0,25		

Примітка: 1* – насіння без інокуляції; 2 – інокуюване насіння

Встановлено, що внесення фосфорно-калійних добрив сприяло зростанню польової схожості рослин на 1,1-1,2 %. Дія азотних добрив залежала від їх норми та біологічних особливостей сорту.

Визначено, що на фоні основного удобрення доза азоту N_{45} знижувала схожість рослин обох сортів, в результаті чого кількість сходів на посівах сорту Кіото знижувалась на 3,9 %, сорту Кордоба – на 4,2 %. Внесення азоту в дозі N_{15} , навпаки, обумовлювало зростання схожості, відповідно, на 0,8 та 1,2 %, в результаті чого густина сходів становила 63,0 та 65,3 шт./м². На дозу азоту N_{30} рослини реагували незначним підвищенням рівня схожості – скоростиглий сорт на 0,2 %, середньоранній – на 0,6 %.

Оброблення насіння сої комплексним бактеріальним препаратом на основі штамів бульбочкових бактерій (*Br. japonicum*) і фосформобілізуючих мікроорганізмів (*B. mucilaginosus*) виявило стимулюючу дію на проростання насіння та формування його схожості на всіх дослідних варіантах, що підтверджується дослідженнями й інших дослідників [57]. У результаті інокуляції насіння Фосфонітрагіном схожість насіння на неудобренних варіантах зростала в обох сортів на 2,2 % та формувалась густина сходів у сорту Кіото на рівні 64,0 шт./м², у сорту Кордоба – 66,0 шт./м².

Внесення азоту в дозі N_{45} у поєднанні з бактеризацією насіння, порівняно до такого ж варіанту удобрення без інокуляції, підвищувало схожість рослин на 0,8-0,9 %.

Таким чином, найвища польова схожість у сортів Кіото (92,0%) та Кордоба (95,4 %) формувалась на варіантах досліду, де проводили бактеризацію насіння та вносили мінеральні добрива в нормі $N_{15}P_{60}K_{60}$.

Формування густоти стояння рослин сої істотно залежить від їх виживаності, яка характеризує стійкість рослин до несприятливих умов навколишнього середовища протягом вегетації та залежить, в першу чергу, від фізіологічних особливостей рослин, середовища їх зростання та оптимізації елементів технології вирощування. Даний показник

вираховується як відношення кількості рослин у фазі повних сходів до їх³⁸ кількості у фазі повної стиглості на одиниці площі [56].

Спостереження за динамікою густоти стояння рослин впродовж їх вегетації вказує на її зменшення в наслідок випадання рослин в процесі їх росту і розвитку. В середньому на період збирання врожаю виживаність рослин сої становила у сорту Кіото 89,0-95,2 %, у сорту Кордоба – 88,1-94,7 %, в результаті чого формувалась густота стояння рослин на рівні 55,6-60,5 та 56,8-62,4 шт./м², відповідно. Найбільші втрати в кількості рослин спостерігали на контрольних варіантах досліду, на яких у фазі повної стиглості виживаність рослин становила у ранньостиглого сорту Кіото 89,0 %, у середньораннього сорту Кордоба – 88,1 %.

Внесення мінеральних добрив підвищувало відсоток виживання рослин сої, залежно від варіанту удобрення, у сорту Кіото на 1,5-4,7 %, у сорту Кордоба – на 1,3-5,7 %. За умови сукупної взаємодії на ріст і розвиток рослин мінеральних добрив та інокулянта виживаність рослин впродовж вегетації зростала, відповідно, на 3,2-6,2 та 2,9-6,6 %.

За результатами досліджень, найсприятливіші умови для росту, розвитку та збереження більшої кількості рослин складались на варіантах, що передбачали поєднання інокуляції насіння Фосфонітрагіном та внесення N₃₀P₆₀K₆₀ + N₁₅, що дозволяло на період збирання сформувати густоту стояння рослин у сорту Кіото на рівні 60,5 шт./м², у сорту Кордоба – 62,4 шт./м².

3.3 Характер лінійного росту рослин сої залежно від норм мінеральних добрив та інокуляції насіння

Важливим критерієм дослідження технологій вирощування сої є аналіз процесів росту та розвитку її рослин. Отримані знання дозволяють визначити найбільш оптимальні умови для створення високопродуктивних посівів культури [52].

Одним з чинників впливу на формування продуктивності сої є висота її рослин [53], яка змінюється під впливом сорту, гідротермічного режиму впродовж вегетації, ґрунтового-кліматичних умов, довжини світлового дня та агротехнічних прийомів вирощування [54]. Лінійний ріст стебла, як одного з органів перетворення і транспорту органічних та мінеральних речовин, значною мірою обумовлює вертикальну структуру посіву та, відповідно, світловий і повітряний режими в ньому, а також впливає на кількість закладених генеративних органів [57].

Протягом росту і розвитку рослин сої їх висота, зазвичай, збільшується. Проте, несприятливі умови зростання знижують інтенсивність ростових процесів і майже повністю зупиняють лінійний ріст стебла. В зв'язку з цим, динаміка наростання висоти рослин соє є важливим показником, що відображає відповідність умов вирощування культури її біологічним вимогам [56].

У результаті проведених нами досліджень встановлено, що величина лінійного росту рослин значною мірою обумовлювалась сортовими особливостями культури, дією мінеральних добрив, інокуляцією насіння та погодними умовами під час вегетації (табл. 3.4).

Визначено, що у фазі бутонізації найменша висота рослин була характерна для рослин контрольних варіантів. Внесення мінеральних добрив сприяло збільшенню лінійного росту рослин сорту Кіото на 8,7-32,5 %, сорту Кордоба – на 6,4-31,1 %, досягнувши максимальних значень, відповідно, 33,4 та 30,8 см на варіанті, що передбачав внесення мінеральних добрив у нормі $N_{45}P_{60}K_{60}$.

Збільшення висоти рослин відмічалось також на варіантах, де проводили передпосівну бактеризацію насіння – на 8,9-9,5 %, залежно від сорту. У цілому, за показником висоти головного пагону у фазі бутонізації найкращі умови для росту рослин складались за комплексного застосування мінеральних добрив та інокуляції насіння, в результаті чого лінійний ріст рослин сорту Кіото збільшувався відносно контролю на 19,0-

43,3 %, сорту Кордоба – на 15,7-42,6 %, залежно від норм і строків внесення мінеральних добрив.

Таблиця 3.4

Динаміка висоти рослин сої залежно від мінерального удобрення та інокуляції насіння, см (у середньому за 2020-2021 рр.)

Удобрення	Іноку- ляція	Фази росту та розвитку				
		бутонізація	початок цвітіння	кінець цвітіння	налив насіння	фізіологічна стиглість
Кіото						
Без добрив	1*	25,2	29,1	68,8	77,8	78,7
	2	27,6	31,7	71,5	80,3	81,3
N15P60K60	1	29,5	33,4	72,6	82,2	83,5
	2	32,2	36,7	76,1	85,7	87,1
N30P60K60	1	31,2	35,5	75,0	85,1	86,6
	2	34,0	38,7	79,7	89,1	90,8
N45P60K60	1	33,4	37,9	76,6	86,2	88,0
	2	36,1	41,0	80,5	90,0	91,9
N30P60K60 + N15	1	31,8	36,3	79,4	88,6	91,5
	2	34,6	39,6	83,9	93,2	96,3
Кордоба						
Без добрив	1	23,5	26,4	71,3	81,8	82,9
	2	25,6	28,7	74	84,4	85,6
P60K60	1	25,0	28,5	73,2	84,1	85,4
	2	27,2	31,0	76,2	87,3	88,6
N15P60K60	1	26,7	30,5	76,1	88,0	89,9
	2	29,3	33,4	79,8	91,3	93,3
N30P60K60	1	28,5	32,2	79,3	90,3	92,5
	2	31,3	35,8	83,5	94,0	96,4
N45P60K60	1	30,8	35,0	80,6	91,6	94,1
	2	33,5	38,2	84,7	95,1	97,7
N30P60K60 + N15	1	29,0	33,1	83,0	94,0	97,2
	2	31,9	36,7	87,5	98,5	101,9
HP _{0,05} загальна		1,69	1,93	3,21	3,87	4,02
HP _{0,05} сорт		0,47	0,56	0,89	1,01	1,07
HP _{0,05} удобрення		0,89	1,07	1,82	2,14	2,21
HP _{0,05} інокуляція		0,47	0,56	0,89	1,01	1,07

Примітка: 1* – насіння без інокуляції; 2 – інокуюване насіння

Згідно спостереження за динамікою лінійного росту рослин сої встановлено, що внаслідок наростання їх біомаси ріст головного стебла продовжувався до настання фізіологічної стиглості, досягаючи в зазначеній фазі 78,7-96,3 см у сорту Кіото та 82,9-101,9 см – у сорту Кордоба.

Найбільше на висоту рослин сої впливали мінеральні добрива, на значення яких в посиленні ростових процесів наголошують й інші дослідники [53].

Максимальний лінійний ріст рослин сої у фазі фізіологічної стиглості (у сорту Кіото – 96,3 см, у сорту Кордоба – 101,9 см) відмічений на варіантах, що передбачали передпосівну обробку насіння Фосфонітрагіном та внесення $N_{30}P_{60}K_{60}$ в основне удобрення і N_{15} у підживлення у фазі бутонізації. Отримані значення перевищували контроль, відповідно, на 22,4 та на 22,9 %.

Динаміка ростових процесів у рослин сої значною мірою обумовлювалась гідротермічним режимом впродовж вегетаційного періоду.

На основі проведеного кореляційно-регресійного аналізу виявлено сильний позитивний зв'язок між лінійним ростом та кількістю опадів за вегетаційний період сої. Виявлена залежність описується такими рівняннями регресії:

- сорт Кіото: $y = 1,3168x - 223,1$,

коефіцієнт кореляції $r = 0,880$, коефіцієнт детермінації $R^2 = 0,7864$;

- сорт Кордоба: $y = 1,3168x - 223,1$,

коефіцієнт кореляції $r = 0,947$; коефіцієнт детермінації $R^2 = 0,8976$, де y – висота рослин сої, см; x – кількість опадів, мм.

Таким чином, у результаті проведених досліджень встановлено, що найкращі умови для росту рослин складались за проведення інокуляції насіння Фосфонітрагіном та внесення $N_{30}P_{60}K_{60}$ в основне удобрення і N_{15} у підживлення у фазі бутонізації. За таких умов висота рослин сорту Кіото становила 96,3 см, сорту Кордоба – 101,9 см.

3.4 Індивідуальна продуктивність рослин сої

Формування врожаю насіння сої – це надзвичайно складний процес, що пов'язано зі слабкою здатністю рослин до регулювання кількості плодоносних стебел, тривалою диференціацією генеративних органів та значною залежністю їх розвитку від зовнішніх умов [52]. Саме тому урожайність є інтегральним показником, який дозволяє оцінити ефективність технології вирощування цієї культури та відповідність її біологічним вимогам сорту [53]. В значній мірі рівень продуктивності сої визначається структурою та індивідуальною продуктивністю окремих рослин [58].

Під впливом конкретних ґрунтово-кліматичних умов, гідротермічних особливостей впродовж вегетації та технологічних заходів, у формуванні структури врожаю відбуваються певні зміни, які відображають забезпеченість рослин факторами життя впродовж їх росту і розвитку [92, 288]. У повній мірі реалізувати біолого-генетичний потенціал сортів та отримати максимальну їх продуктивність можливо лише за оптимального співвідношення між структурними елементами врожаю та агротехнічними і погодними умовами під час вегетації рослин [54].

Структурні показники включають у себе наступні елементи: кількість бобів на рослині, кількість насінин у бобі, маса 1000 насінин та маса насіння з однієї рослини [58], причому збільшення одного з них не завжди призводить до зростання рівня врожайності, хоча між ними й встановлений тісний зв'язок [57]. У значній мірі структура врожаю сої залежить від дії бактеріальних препаратів та забезпеченості рослин елементами мінерального живлення впродовж вегетаційного періоду, оскільки сучасні високоінтенсивні сорти, як більш вимогливі до умов живлення, можуть формувати високу зернову продуктивність лише за оптимального їх забезпечення поживними речовинами [56].

За результатами наших досліджень визначено, що застосування мінеральних добрив та проведення інокуляції насіння бактеріальним препаратом мало позитивний вплив на формування структури урожаю обох сортів сої, що вивчались у досліді (табл. 3.5).

Таблиця 3.5

Биометрична структура сортів сої залежно від норм мінеральних добрив та інокуляції (у середньому за 2020-2021 рр.)

Удобрення	Висота прикріплення нижнього бобу, см		Кількість плодоеlementів, шт./рослину				Маса насіння з однієї рослини, г	
			бобів		насіння			
	передпосівна інокуляція насіння*							
	б/	і	б/	і	б/і	і	б/і	і
Кіото								
Без добрив (контроль)	11,7	11,5	13,8	16,8	26,4	28,9	3,53	4,04
N15P60K60	12,0	12,3	17,8	21,1	33,9	41,9	4,65	6,00
N30P60K60	12,2	12,9	18,0	21,9	34,9	45,5	4,83	6,55
N45P60K60	12,6	13,4	19,8	22,6	38,7	47,7	5,39	6,90
N30P60K60 + N15	12,8	14,1	20,9	24,7	40,4	51,0	5,70	7,50
Кордоба								
Без добрив (контроль)	11,8	11,9	16,9	20,2	31,4	34,5	4,12	4,69
N15P60K60	12,4	12,8	21,9	25,1	40,5	47,9	5,41	6,66
N30P60K60	12,7	13,5	22,6	25,6	42,4	49,9	5,73	7,01
N45P60K60	13,1	14,0	23,9	26,7	44,0	51,3	5,99	7,28
N30P60K60 + N15	13,2	14,7	25,0	28,8	45,0	56,1	6,29	8,11
НІР _{0,05} загальна	1,12		2,36		4,12		0,86	
НІР _{0,05} сорт	0,11		0,43		0,87		0,20	
НІР _{0,05} удобрення	0,63		1,24		2,34		0,44	
НІР _{0,05} інокуляція	0,11		0,43		0,87		0,20	

*Примітка: б/і – варіанти досліді без застосування інокуляції;

і – варіанти досліді із застосуванням передпосівної інокуляції.

З усіх структурних елементів урожайності сої найбільш нестабільним показником є кількість бобів на рослині, оскільки під впливом різних чинників довкілля та біологічних особливостей сорту на одній рослині їх може формуватися від 10 до 500 штук [55]. Застосовуючи ті чи інші технологічні заходи, до певної міри можна змінювати значення цього показника, а відповідно, й впливати на рівень урожайності [57].

У наших дослідженнях, в середньому на варіантах без інокуляції та удобрення кількість бобів на одній рослині у сорту Кіото становила 13,8 шт./рослині, у сорту Кордоба – 16,9 шт./рослині. Проведення бактеризації насіння Фосфонітрагіном збільшувало отримані значення, відповідно, на 21,7 та 19,5 %.

Більш інтенсивному формуванню бобів на рослині сприяло внесення мінеральних добрив – залежно від варіанту досліджу, їх кількість порівняно до контролю зростала на 22,5-51,4 % у скоростиглого сорту та 23,7-47,9 % – у середньораннього сорту.

Найбільша кількість бобів на одній рослині, як у сорту Кіото (24,7 шт./рослині), так і в сорту Кордоба (28,8 шт./рослині) була сформована на варіантах, які передбачали сумісну дію оброблення насіння Фосфонітрагіном та внесення $N_{30}P_{60}K_{60} + N_{15}$ у фазі бутонізації – отримані значення перевищували результати контрольного варіанту, відповідно, на 79 та 70,4 %.

Окрім кількості бобів на одній рослині, важливою характеристикою структури врожаю сої, на яку можна впливати агротехнічними заходами є кількість насіння з однієї рослини [58].

У наших дослідженнях всі фактори, що були поставлені на вивчення, як окремо, так і за їх взаємодії, сприяли збільшенню значень даного показника. Так, за умови проведення бактеризації насіння кількість насінин на одній рослині у сорту сої Кіото зростала на 2,5 шт./рослині, у сорту Кордоба – на 3,1 шт./рослині, відносно контрольного варіанту. При

внесенні мінеральних добрив відмічали збільшення кількості насінини на одній рослині на 21,6-53,0 % у скоростиглого сорту та 22,0-43,3 % – у середньораннього сорту. Найбільше насінин на одній рослині було сформовано на ділянках, де вносили $N_{30}P_{60}K_{60} + N_{15}$ у фазі бутонізації – відповідно 40,4 та 45,0 шт./рослині. Максимальна кількість насінин на рослині була відмічена на варіантах дослідів, де вивчали сумісну дію інокулянта та удобрення – у сорту Кіото 41,9-51,0 шт./рослині, у сорту Кордоба – 47,9-56,1 шт./рослині, що на 54,9-93,6 та 46,2-78,7 % більше, ніж на контролі.

Важливим показником індивідуальної продуктивності сої є також маса насіння з однієї рослини, яка залежно від умов росту та розвитку і біологічних особливостей сорту може коливатись в межах від 0,1 до 30 г [52].

У наших дослідженнях найбільші значення даного показника були відмічені у рослин сорту Кордоба (8,11 г/рослину), технологія вирощування яких передбачала бактеризацію насіння препаратом Фосфонітрагін та внесення мінеральних добрив у нормі $N_{30}P_{60}K_{60} + N_{15}$. У сорту Кіото максимальна маса насіння з однієї рослини (7,50 г/рослину) була сформована на аналогічному варіанті.

За умови внесення лише мінеральних добрив індивідуальна продуктивність рослин у сорту Кордоба збільшувалась на 24,4-61,5 %, відносно контрольного варіанту, у сорту Кіото – на 23,3-52,7 %. У розрізі варіантів удобрення, найкращі результати, відповідно, 5,70 та 6,29 г/рослину були отримані за роздрібного внесення азотних добрив.

У результаті проведення інокуляції насіння препаратом на основі штамів бульбочкових бактерій (*Br. japonicum*) і фосформобілізуючих мікроорганізмів (*B. mucilaginosus*) маса насіння з однієї рослини у сортів Кіото та Кордоба збільшувалась, відносно контролю, відповідно на 14,5 та 13,8 %.

Як свідчать багаточисельні дослідження, умови вирощування впливають і на масу 1000 насінин сої. Незважаючи на те, що величина даного показника є сортовою ознакою, під впливом різних чинників впливу на ріст та розвиток рослин її значення можуть варіюватись в межах 20-30 %. Зміна маси однієї насінини має тісний зв'язок із рівнем урожайності в цілому [52, 54].

У наших дослідженнях у результаті дії та взаємодії факторів інокуляції та удобрення встановлена певна мінливість маси 1000 насінин сої (табл. 3.6).

Таблиця 3.6

Маса 1000 насінин сої залежно від норм мінеральних добрив та інокуляції, г (у середньому за 2020-2021 рр.)

Удобрення	Кордоба		Кіото	
	передпосівна інокуляція насіння*			
	б/і	і	б/і	і
Без добрив (контроль)	133,6	139,9	131,3	136,1
N ₁₅ P ₆₀ K ₆₀	137,1	143,2	133,7	139,1
N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀	138,3	144,0	135,0	140,6
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀	139,1	144,8	136,1	141,8
N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₅	141,2	147,2	139,7	144,6
НІР _{0,05} загальна	6			
НІР _{0,05} сорт	2			
НІР _{0,05} удобрення	4			
НІР _{0,05} інокуляція	2			

*Примітка: б/і – варіанти досліду без застосування інокуляції;

і – варіанти досліду із застосуванням передпосівної інокуляції.

Загалом, збільшення значень даного показника відбувалось аналогічно іншим складовим структури урожаю в досліді. Найбільшою маса 1000 насінин в обох сортів сої (Кордоба – 147,2 г, Кіото – 144,6 г) була на варіантах, де проводили інокуляцію насіння Фосфонітрагіном та вносили мінеральні добрива у нормі N₃₀P₆₀K₆₀ + N₁₅. Приріст до контролю складав, відповідно 13,6 та 13,3 г або 10,2 та 10,1 %.

За результатами проведеного кореляційно-регресійного аналізу встановлений дуже сильний позитивний зв'язок між масою 1000 насінин та рівнем накопичення сухої речовини (сорт Кіото $r = 0,977$, сорт Кордоба $r = 0,966$).

Важливим параметром, що визначає придатність рослин сої до механізованого збирання з найменшими втратами насіння є висота прикріплення нижнього бобу, оптимальною вважається висота 12-15 см [54]. На значення даного показника впливають сортові ознаки, гідротермічні особливості впродовж вегетації рослин, ґрунтово-кліматичні умови та агротехнічні прийоми вирощування, в тому числі інокуляція насіння та умови мінерального живлення [54].

У результаті проведених нами досліджень встановлено, що під дією факторів, які вивчались, висота прикріплення нижнього бобу у сорту Кіото становила 11,5-14,1 см, у сорту Кордоба – 11,9-14,7 см, що відповідає допустимим технологічним нормам. Крім того, визначено, що на висоту прикріплення нижнього бобу інокуляція насіння Фосфонітрагіном без внесення мінеральних добрив не має суттєвого впливу. Однак, за умови поєднання бактеризації та мінерального удобрення значення даного показника зростали у скоростиглого сорту на 0,1-2,4 см, у середньораннього сорту – на 0,3-2,9 см.

Отже, найбільш сприятливі умови для формування оптимальних параметрів індивідуальної продуктивності рослин сортів сої Кіото та Кордоба створювались за умови проведення інокуляції насіння препаратом Фосфонітрагін та внесення мінеральних добрив у нормі $N_{30}P_{60}K_{60} + N_{15}$ у фазі бутонізації, що в підсумку позитивно вплинуло на рівень урожаю в цілому.

3.5. Урожайність насіння сої залежно від елементів технології вирощування

Завдяки досягненням селекціонерів, на сьогодні з'явилося багато високотехнологічних, високопродуктивних та стійких до хвороб сортів сої. Проте рівень реалізації потенціалу їх урожайності значною мірою обумовлюється ґрунтово–кліматичними особливостями та адаптованою технологією вирощування [58], що особливо актуально за останніх тенденцій зміни клімату [55].

Сучасні технології вирощування сільськогосподарських культур, в тому числі сої, стають все більш складними та наукоємними, оскільки отримати високий урожай можна лише за наявності повної інформації про дію та взаємодію різних чинників на ріст і розвиток рослин, а також вміти передбачити та спрогнозувати реакцію на них рослинного організму [55].

Серед головних факторів формування високої продуктивності культури найдоступнішим та найдешевшим, на сьогодні, є сорт, генотип якого визначає рівень врожаю приблизно на 25 % [51].

У значній мірі розкрити потенціал продуктивності сої дозволяє внесення мінеральних добрив [57]. Особливо важливим є оптимальне забезпечення рослин елементами живлення в критичні періоди росту та розвитку: цвітіння- формування бобів. Нестача хоча б одного із елементів призводить до абортивності квіток, зав'язей та формування малої кількості і недостатньо виповненого насіння [58]. Та найбільш дискусійним залишається питання доцільності застосування азотних добрив, на ефективність яких істотно впливають строки та норми їх внесення, сортові особливості, умови вологозабезпеченості тощо [57]. Оскільки мінеральні добрива є найвитратнішою складовою технології, в контексті загальної проблеми ресурсозбереження пошук шляхів їх зменшення все ще залишається актуальним [55].

Оцінити ефективність тих чи інших агротехнічних заходів дозволяє аналіз отриманого рівня урожаю та його якості. Згідно проведених нами трирічних досліджень з вивчення впливу інокуляції насіння Фосфонітрагіном та норм і строків внесення мінеральних добрив на формування врожайності сортів сої Кіото та Кордоба встановлено, що рівень їх насінневої продуктивності значною мірою залежав від дії досліджуваних факторів (табл. 3.7).

Таблиця 3.7

Урожайність насіння сої залежно від інокуляції та норм мінеральних добрив, т/га

Удобрення	Інокуляція	Рік		Середнє	Прибавка	
		2020	2021		т/га	%
Кіото						
Без добрив	б/і*	1,88	1,90	1,89	-	-
	і	2,1	2,22	2,16	0,27	14,3
N15P60K60	б/і	2,15	2,21	2,18	0,29	15,3
	і	2,4	2,52	2,46	0,57	30,2
N30P60K60	б/і	2,25	2,41	2,33	0,44	23,3
	і	2,54	2,86	2,70	0,81	42,9
N45P60K60	б/і	2,4	2,54	2,47	0,58	30,7
	і	2,57	2,89	2,73	0,84	44,4
N30P60K60 + N15	б/і	2,47	2,61	2,54	0,65	34,4
	і	2,76	3,06	2,91	1,02	54,0
Кордоб						
Без добрив	б/і	2,17	2,21	2,19	-	-
	і	2,38	2,48	2,43	0,24	11,0
N15P60K60	б/і	2,52	2,54	2,53	0,34	15,5
	і	2,64	2,78	2,71	0,52	23,7
N30P60K60	б/і	2,65	2,67	2,66	0,47	21,5
	і	2,76	2,92	2,84	0,65	29,7
N45P60K60	б/і	2,71	2,75	2,73	0,54	24,7
	і	2,78	2,98	2,88	0,69	31,5
N30P60K60 + N15	б/і	2,81	3,01	2,91	0,72	32,9
	і	3,02	3,32	3,17	0,98	44,7
НІР0,05		0,42	0,48	0,54		
загальна		0,12	0,13	0,14		
НІР0,05 сорт		0,24	0,26	0,28	-	-
НІР0,05		0,12	0,13	0,14		

*Примітка: б/і – варіанти досліді без застосування інокуляції;

і – варіанти досліді із застосуванням передпосівної інокуляції.

У середньому максимальну врожайність сорти сої формували за умови поєднання інокуляції насіння Фосфонітрагіном та внесення $N_{30}P_{60}K_{60}$ в основне удобрення з підживленням рослин N_{15} у фазі бутонізації, що дозволило отримати на посівах сорту Кіото 2,91 т/га насіння, сорту Кордоба – 3,17 т/га.

Порівняно з абсолютним контролем приріст урожаю на цих варіантах становив, відповідно, 1,02 та 0,98 т/га або 54,0 та 44,7 %.

При застосуванні лише мінеральних добрив рівень урожаю у скоростиглого сорту зростав на 0,16-0,65 т/га або 8,5-34,4 %, у середньораннього сорту – на 0,27- 0,72 т/га або 12,3-32,9 % за абсолютних контролів – 1,89 та 2,19 т/га, відповідно. Найвищі прирости були відмічені на варіантах досліджу, які передбачали внесення мінеральних добрив у нормі $N_{30}P_{60}K_{60}+N_{15}$ – урожайність на вказаних варіантах у сорту Кіото становила 2,54 т/га, у сорту Кордоба – 2,91 т/га.

На формування насінневої продуктивності позитивно впливала бактеризація насіння – на ділянках без внесення добрив прибавка урожаю від проведення інокуляції у сорту Кіото складала 0,27 т/га або 14,3 %, у сорту Кордоба – 0,24 т/га або 11,0 %.

Визначено, що за рівнем приросту насіння сорти сої мали подібну залежність від проведення інокуляції насіння Фосфонітрагіном та внесених норм мінеральних добрив. У середньому урожайність насіння сорту Кіото знаходилась у межах 1,89-2,91 т/га, сорту Кордоба – 2,19-3,17 т/га.

За результатами проведеного дисперсійного аналізу встановлено частки впливу досліджуваних факторів та їх взаємодії на формування рівня урожайності сої (рис. 3.3, 3.4).

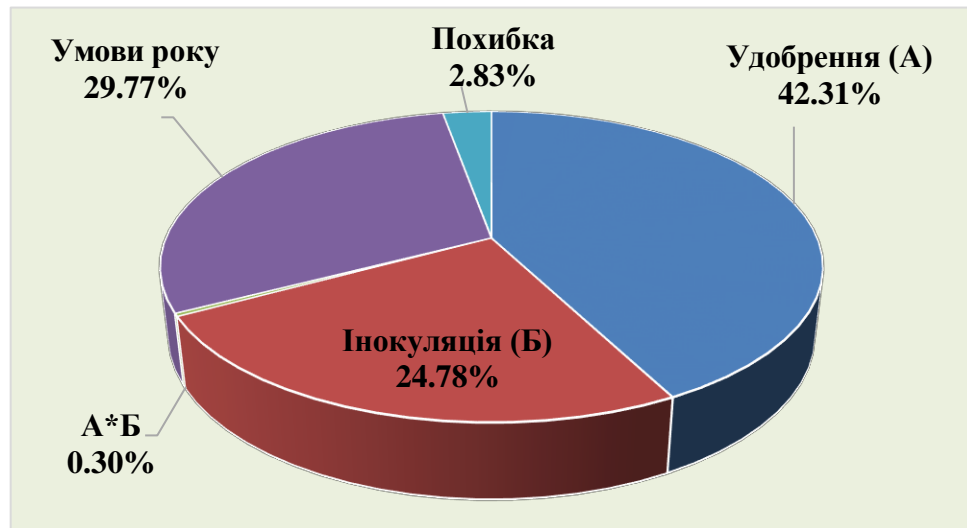


Рис. 3.3. Частка впливу факторів на формування урожайності сої сорту Кіото

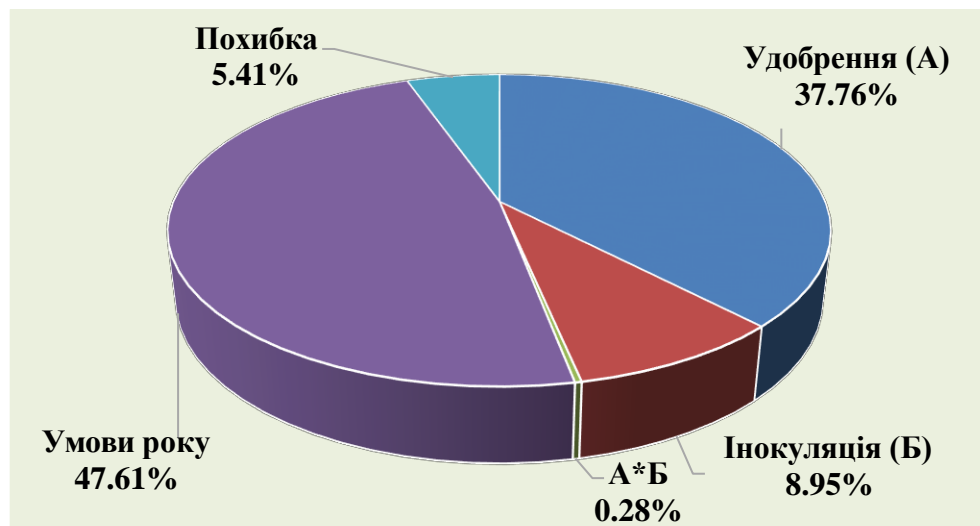


Рис. 3.4. Частка впливу факторів на формування урожайності сої сорту Сузір'я (у середньому за 2020-2021 рр.)

Вагомим чинником повноти реалізації потенціалу продуктивності сої є погодні умови року, які менш обмежують реалізацію потенціалу врожайності у сорту Кіото (29,77 %) та є визначальним фактором дослідів у сорту Кордоба – 47,61 %.

Розділ 4. Економічна ефективність вирощування сої

Попит на сою як високобілкову та олійну культуру продовжує зростати, внаслідок чого збільшуються площі її посіву та завдяки досягненням селекціонерів з'являються нові високотехнологічні і високопродуктивні сорти [47]. Для ефективного впровадження їх у виробництво необхідною є розробка сортової технології вирощування, здатної не лише реалізувати потенціал продуктивності сорту, але й забезпечити високорентабельне виробництво високоякісної продукції. Тому розроблений та рекомендований комплекс агротехнічних заходів вирощування того чи іншого сорту сої, як і решти сільськогосподарських культур, обов'язково оцінюють за економічними показниками.

Чистий прибуток відображає різницю між вартістю отриманого врожаю і виробничими витратами, рентабельність є відсотковим відношенням чистого прибутку до виробничих витрат [47]. Економічно ефективними вважають такі технології вирощування культур, які дозволяють отримувати максимальну кількість продукції з одиниці площі при найменших затратах праці та коштів. Таким чином, оцінка економічної ефективності відображає кінцевий корисний ефект від сукупних вкладень засобів виробництва та живої праці і визначається їх відношенням до отриманих результатів.

За підсумками проведеного нами економічного аналізу технологічних прийомів вирощування сої встановлено, що на рівень економічної ефективності виробництва її насіння істотний вплив мали інокуляція, мінеральні добрива та сортові особливості культури. Впливаючи на величину врожаю насіння, зазначенні чинники змінювали і собівартість продукції (табл. 4.1). На варіантах, що передбачали внесення мінеральних добрив та сівбу неінокульованим насінням, у результаті збільшення виробничих витрат – на 4318-6094 грн/га у сорту Кіото та на

Таблиця 4.1

**Економічна ефективність вирощування сої залежно від норм
мінеральних добрив та інокуляції**

Удобрення	Іноку- ляція	Виробничі витрати, грн/га	Вартість урожаю, грн	Собівартість 1 т, грн	Чистий прибуток, грн	Рівень рентабельності, %
Кіото						
Без добрив	1*	16005	33075	8468	17070	107
	2	16598	37742	7696	21144	127
N15P60K60	1	20823	38208	9537	17385	83
	2	21416	43108	8694	21692	101
N30P60K60	1	21323	40775	9152	19452	91
	2	21916	47192	8127	25275	115
N45P60K60	1	21823	43167	8847	21343	98
	2	22416	47775	8211	25359	113
N30P60K60 + N15	1	22099	44508	8689	22409	101
	2	22692	50867	7807	28174	124
Кордоба						
Без добрив	1	14605	38267	6679	23662	162
	2	15198	42583	6246	27385	180
N15P60K60	1	19423	44275	7677	24852	128
	2	20016	47367	7395	27350	137
N30P60K60	1	19923	46608	7481	26685	134
	2	20516	49642	7233	29125	142
N45P60K60	1	20423	47717	7490	27293	134
	2	21016	50458	7289	29442	140
N30P60K60 + N15	1	20699	50983	7105	30284	146
	2	21292	55417	6724	34124	160

Примітка: 1* – насіння без інокуляції; 2 – інокуюване насіння

4318-6094 грн/га у сорту Кордоба, відносно контрольного варіанту, зростала також собівартість вирощеної продукції – на 221-1430 та 426- 1024 грн/т, відповідно.

Поєднання технологічних прийомів удобрення та бактеризації насіння обумовлювало збільшення приросту урожайності сої та як наслідок – зниження собівартості 1 т насіння. Однак, у розрізі зазначених варіантів між досліджуваними сортами були певні відмінності. У сорту Кіото на варіантах, де на фоні інокуляції насіння вносили N₃₀₋₄₅P₆₀K₆₀ собівартість

вирощеної продукції була нижчою ніж на контролі на 257 грн/т, у сорту Кордоба, навпаки, на 45 грн/т вищою.

Зі зростанням рівня урожайності сої зростав і чистий прибуток від її вирощування. Так, за умови проведення бактеризації насіння та відсутності удобрення прибуток від вирощування сої сорту Кіото становив 21144 грн/га, сорту Кордоба – 27385 грн/га, що перевищувало контроль, відповідно, на 4074 та 3723 грн/га. Сівба неінокульованим насінням на фоні мінерального удобрення сприяла отриманню чистого прибутку у середньораннього сорту на рівні 24852-30284 грн/га.

Аналізуючи рівень рентабельності вирощування сої в межах дослідження визначено, що за сівби неінокульованим насінням на фоні мінеральних добрив значення даного економічного показника в обох сортів, що вивчались у досліді, були нижчі ніж на контролі. Так, у сорту Кордоба, залежно від варіанту удобрення, рівень рентабельності становив 128-146 %, збільшуючись відповідно до збільшення норми внесених добрив. Найбільш рентабельним було вирощування сої за умови роздрібного внесення азотних добрив. На варіанті, що передбачала сумісну дію удобрення та бактеризацію насіння, у результаті зростання чистого прибутку, який значно перевищував додаткові витрати на проведення інокуляції насіння, рівень рентабельності зростав та становив у скоростиглого сорту 101- 124 % та у середньораннього сорту – 137-160 %.

Отже, найбільш економічно ефективною є модель технології вирощування сортів Кіото та Кордоба, яка передбачає внесення $N_{30}P_{60}K_{60} + N_{15}$ у фазі бутонізації та проведення бактеризації насіння препаратом на основі штамів бульбочкових бактерій (*Br. japonicum*) і фосформобілізуєчих мікроорганізмів (*B. mucilaginosus*), що дозволяє отримати чистий прибуток 28174 та 34124 грн/га, відповідно, при рівні рентабельності 124 та 160 %.

Висновки

1. Найдовший вегетаційний період у рослин сої сортів Кіото (107 діб) та Кордоба (117 діб) відмічено на варіантах, де вносили $N_{30}P_{60}K_{60}$ в основне удобрення + N_{15} у підживлення в фазі бутонізації та проводили інокуляцію насіння Фосфонітрагіном. За сівби інокуюваним насінням та відсутності удобрення вегетація рослин подовжувалась не більш як на 1 добу. Внесення повного удобрення за сівби необробленим насінням подовжувала вегетаційний період на 1-5 діб у скоростиглого сорту та 1-6 діб у середньораннього сорту.

2. Найбільш сприятливі умови для росту, розвитку та збереження більшої кількості рослин на одиниці площі в продовж вегетації складались на варіантах, що передбачали поєднання інокуляції насіння препаратом на основі штамів бульбочкових бактерій (*Br. japonicum*) і фосформобілізуючих мікроорганізмів (*B. mucilagenosus*) та внесення $N_{30}P_{60}K_{60}$ + N_{15} . За таких умов вирощування виживаність рослин складала 95,2 % у сорту Кіото та 94,7 % у сорту Кордоба, що дозволяло сформувати густоту стояння рослин на період збирання, відповідно 60,5 та 62,4 шт/м².

3. Максимальна висота рослин сорту Кордоба (101,9 см) відмічена у фазі фізіологічної стиглості на варіанті, де вносили N_{30} в основне удобрення на фоні $P_{60}K_{60}$ та N_{15} у фазі бутонізації в поєднанні з інокуляцією – лінійний приріст стебла порівняно до контролю становив 22,9 %. Рослини сорту Кіото формували найвищі рослини (96,3 см) на аналогічному варіанті та перевищували за даним показником контрольні рослини на 22,4 %.

4. Найбільшу кількість бобів (28,8 шт.), насінин на одній рослині (56,1 шт.) та масу 1000 насінин (144,6 г) рослини сорту Кордоба формували на ділянках, де вивчали взаємодію факторів інокуляції насіння препаратом на основі штамів бульбочкових бактерій (*Br. japonicum*) і фосформобілізуючих мікроорганізмів (*B. mucilagenosus*) та внесення

$N_{30}P_{60}K_{60}$ в основне удобрення та N_{15} у підживлення у фазі бутонізації. У сорту Кіото відмічено аналогічні залежності, проте абсолютні показники індивідуальної продуктивності рослин були дещо нижчими.

5. Найвищу урожайність насіння сої сорту Кіото (2,91 т/га) та сорту Кордоба (3,17 т/га) отримано на варіантах, де вносили $N_{30}P_{60}K_{60} + N_{15}$ у фазі бутонізації та проводили інокуляцію насіння препаратом Фосфонітрагін. Приріст урожаю насіння сої відносно контрольного варіанту становив 1,02 т/га або 54,0 % та 0,98 т/га або 44,7 % відповідно, що суттєво на 5 % рівні значимості.

6. Застосування мінеральних добрив та проведення інокуляції насіння сприяло підвищенню економічної ефективності технології вирощування сої. Найбільш прибутковими виявились ділянки, на яких вивчали взаємодію заходів бактеризації насіння та внесення $N_{30}P_{60}K_{60} + N_{15}$. За таких технологічних параметрів отриманий прибуток від вирощування сорту Кіото складав 28174 грн/га, сорту Кордоба – 34124 грн/га, при рівні рентабельності, відповідно, 124 і 160 % та собівартості продукції – 7807 та 6724 грн/т.

Рекомендації виробництву

На основі одержаних результатів досліджень для отримання урожайності насіння сої скоростиглих та середньоранніх сортів на рівні 3,0-3,5 т/га агроформуванням Лісостепу правобережного рекомендується:

- висівати скоростиглий сорт сої типу Кіото та середньоранній сорт типу Кордоба;

- проводити інокуляцію насіння сої комплексним бактеріальним препаратом на основі штамів бульбочкових бактерій (*Br. japonicum*) і фосформобілізуючих мікроорганізмів (*B. mucilaginosus*) у рекомендованій дозі;

- вносити мінеральні добрива в нормі $N_{30}P_{60}K_{60}$ в основне удобрення та N_{15} у підживлення у фазі бутонізації рослин.

Список використаної літератури

1. 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.
2. Бабич А. О. Сучасне виробництво і використання сої. Київ : Урожай, 1993. 429 с.
3. 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.
4. Мигаль І. Б. Формування продуктивності сої залежно від біологічних особливостей сорту, норм висіву насіння та рівня мінерального живлення в умовах Лісостепу західного: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 06.01.09. Вінниця, 2011. 20 с.
5. Бабич А. О., Серветник О. В., Лохова В. І. Підвищення продуктивності сої при застосуванні позакореневих підживлень в умовах правобережного Лісостепу України. *Збірник наукових праць Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. Київ, 2012. Вип. 15. С. 63–68.
6. Лихочвор В. В. Мінеральні добрива та їх застосування : 2-ге вид. доповн. і виправл. Львів : Українські технології, 2012. 324 с.
7. 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.
8. 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.
9. Ямковий В. Особливості сучасної системи удобрення сої. *Пропозиція*. 2013. URL: <https://propozitsiya.com/ua/osoblivosti-suchasnoyi->

sistemi- udobrennya-soyi (дата звернення 10.10.2020).

10. Бахмат О. М. Соя – культура майбутнього, особливості формування високого врожаю. Кам'янець-Подільський : ПП Мошак М. І., 2009. 208 с.

11. 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.

12. Boroomandan P., Khoramivafa M., Naghi Y., Ebrahimi A.. The effects of nitrogen starter fertilizer and plant density on yield, yield components and oil and protein content of soybean. *Pak J Biol Sci.* 2009. № 12 (4). P. 378–382.

13. Огурцов Є. М. Соя у Східному Лісостепу України. Харків : ХНАУ ім. В. В. Докучаєва, 2008. 270 с.

14. Адамень Ф. Ф., Вергунов В. А., Лазер П. Н., Вергунова И. Н. Агробиологические особенности возделывания сои в Украине. Київ : Аграрна наука, 2006. 456 с.

15. Бабич А. О., Бабич-Побережна А. А. Селекція, виробництво, торгівля і використання сої у світі. Київ : Аграрна наука, 2011. 548 с.

16. 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.

17. Білявська Л. Г. Аспекти адаптивної селекції сої в умовах зміни клімату. *Корми і кормовиробництво.* Київ, 2008. № 61. С. 10–16.

18. Бахмат О. М. Моделювання адаптивної технології вирощування сої : монографія. Кам'янець-Подільський : Зволейко Д. Г. 2012. 436 с.

19. Глушак А. Г. Вплив окремих елементів технології вирощування на урожайність різних сортів сої. *Аграрна наука – селу.* 1997. Вип. 3. Т. 1. С 69.

20. Задубинна Є. В. Вплив способів обробітку органогенних ґрунтів та добрив на хімічний склад зерна сої. *Збірник наукових праць*

ННЦ «Інститут землеробства УААН». Київ, 2010. Вип. 4. С. 34–39.

21. Синаговская В. Г. Биологический азот в формировании урожая семян сои. *Аграрная наука*. Москва, 2002. № 12. С. 18.

22. Мигаль І. Б. Формування продуктивності сої залежно від біологічних особливостей сорту, норм висіву насіння та рівня мінерального живлення в умовах Лісостепу західного: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 06.01.09. Вінниця, 2011. 20 с.

23. Волинець І. Г. Формування симбіотичного апарату та продуктивності сої за різних умов живлення і зволоження ґрунту. *Збірник наукових праць Уманського державного аграрного університету*. Умань, Вип. 59. 2005. С. 46–54.

24. Волкогон В. В. Мікробіологічні аспекти оптимізації азотного удобрення сільськогосподарських культур. Київ : Аграрна наука, 2007. 144 с.

25. Voroomandan P., Khoramivafa M., Naghi Y., Ebrahimi A.. The effects of nitrogen starter fertilizer and plant density on yield, yield components and oil and protein content of soybean. *Pak J Biol Sci*. 2009. № 12 (4). P. 378–382.

26. Шепілова Т. П. Вплив добрив та інокуляції насіння на урожайність сої. *Сільськогосподарська мікробіологія*. Чернігів, 2011. Вип. 13. С. 117–123.

27. 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.

28. Камінський В. Ф., Вишнівський П. С. Вплив факторів інтенсифікації на ріст, розвиток та продуктивність сої. *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства УААН»*. Київ, 2009. Вип. 2. С. 51–55.

29. Панжиев А. П., Добродомов В. Л. Влияние инокуляции семян сои нитрагином на ее рост, развитие и урожайность. *Технические культуры*. 1992. № 1. С. 20–21.

30. Рекомендації з технологічного процесу виробництва сої

середньостиглих сортів науково-дослідного інституту сої / за ред. А. В. Пилипенка, В. Н. Тимченка, М. Б. Піскового, В. А. Сонця. Глобине : Науково- дослідний інститут сої, 2014. 26 с.

31. Стрихар А. Є. Продуктивність сої залежно від елементів технології вирощування. *Науковий вісник Національного аграрного університету*. Київ, 2007. № 116. С. 118–123.

32. Дзюбайло А. Г., Мигаль І. Б. Формування продуктивності сортів сої залежно від норм висіву насіння, удобрення та інокулювання. *Корми і кормовиробництво*. Вінниця, 2011. Вип. 69. С. 129–132.

33. Попов С. І., Матушкін В. О., Божко М. Ф. та ін. Сорти сої Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва та технологія вирощування. Харків : Магда ЛТД, 2002. 20 с.

34. 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.

35. Смолянинов В. В. Опыт возделывания сои в Черновецкой области. *Возделывание, переработка и использование сои для решения проблемы белка и растительного масла* : сб. тезисов докладов научно-производственной конф. Винница, 1990. С. 18–20.

36. Barker D. W., Sawyer J. E. Nitrogen application to soybean at early reproductive development. *Agronomy journal*. 2005. Vol. 97, Issue 2. P. 615–619.

37. Павленко Г. В. Ефективність мінеральних добрив та біопрепаратів у технології вирощування сої в Лісостепу. *Вісник аграрної науки*. Київ, 2012. № 11. С. 68–69.

38. Посыпанов Г. С., Князев Б. М., Жеруков Б. Х. Формирование урожайности в зависимости от инокуляции семян, орошения и режима минерального питания. *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. Москва, 1990. Вып. 3. С. 39–44.

39. Павленко Г. В. Ефективність мінеральних добрив та біопрепаратів у технології вирощування сої в Лісостепу. *Вісник аграрної науки*. Київ, 2012. № 11. С. 68–69.
40. Трухачев В. И., Ключин П. В. Соя на Северном Кавказе : монография. Ставрополь : АГРУС, 2007. 532 с.
41. Рекомендації по ефективному застосуванню біопрепаратів азот фіксуючих і фосформобілізуючих бактерій в сучасному ресурсозберігаючому землеробстві. Київ : МінАПУ, НААН, 1997. 19 с.
42. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур. Вип. 1. Загальна частина / ред. : В. В. Волкодав; Держ. коміс. України по випробуванню та охороні сортів рослин. Київ, 2000. 100 с.
43. Основи наукових досліджень в агрономії / за ред. В. О. Єщенка. Київ: Дія, 2005. 288 с.
44. Третьяков Н. Н., Карнаухов Т. В., Паничкин Л.А. Практикум по физиологии растений. Москва : Агропроиздат, 1990. 271 с.
45. ДСТУ 4138-2002. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. [Чинний від 2002-12-28]. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2003. 173 с. (Інформація та документація).
46. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. Москва : Агропромиздат, 1985. 351 с.
47. Медведовський О. К., Іваненко П. І. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві. Київ : Урожай, 1991. 206 с.
48. Мазур О. В. Вихідний матеріал для селекції зернобобових культур із підвищеною адаптивністю та зерновою продуктивністю в умовах Лісостепу Правобережного. Монографія, ВНАУ, 2019. 345 с.
49. Мазур О.В. Соя – цінна біоенергетична культура. *Збірник наукових праць ВНАУ*. Вінниця. 2011. Вип. 8 (48). С.39-43.
50. Мазур О.В., Шерепітко В.В. Генотипні відмінності сортів рослин

сої за мінливістю кількісних ознак в умовах дослідного посіву ВНАУ.

Збірник наукових праць ВНАУ. Вінниця. 2011. Вип. 9 (49). С.159-166.

51. Мазур О.В. Вивчення зв'язку тривалості вегетаційного періоду з врожайністю сортів рослин сої. *Збірник наукових праць ВНАУ*. Вінниця. 2012. Вип. 10 (50). С.159-166.

52. Мазур О.В. Перспективи виробництва сої в Україні. *Збірник наукових праць ВНАУ*. 2012. Вип. 1 (57). С.57-61.

53. Мазур О.В. Генотипні відмінності сортів рослин сої за вмістом олії в насінні. *Збірник наукових праць Вінницького НАУ*. 2014. Вип. 6. С.108-112.

54. Мазур О. В. Гетерозис, ступінь домінування ознак зернової продуктивності сортів сої. *Сільське господарство та лісівництво*. 2017. №5. С. 91–98.

55. Калетнік Г.М., Браніцький Ю.Ю., Гунько І.В., Мазур О.В. Генотипні відмінності сортів сої за вмістом та виходом олії для виробництва біодизеля. *Сільське господарство та лісівництво*. 2018. № 11. С.5-14.

56. Поліщук І.С., Поліщук М.І., Мазур О.В., Юрченко Н. А. Польова схожість насіння сортів сої залежно від строків сівби за температурним режимом. *Сільське господарство та лісівництво*. 2018. № 11. С.36-43.

57. Мазур О.В., Мазур О.В. Відмінності зернобобових культур за пластичністю і стабільністю господарсько-цінних ознак. *Сільське господарство та лісівництво*. 2019. № 12. С.69-86.

58. Мазур О.В., Мазур О.В. Пластичність і стабільність зернобобових культур за господарсько-цінними ознаками та селекційними індексами. *Сільське господарство та лісівництво*. 2019. №15. С. 111-136.

59. Мазур О.В. Пластичність і стабільність сої за селекційними індексами. *Сільське господарство та лісівництво*. 2020. №19. С.243-250.

60. Мазур О.В. Полторецький С.П. Оцінка сортозразків сої за селекційними індексами. *Сільське господарство та лісівництво*. 2021. №20. С. 170-178.

ДОДАТКИ

Додаток А

Урожайність зерна сої залежно від удобрення, інокуляції насіння, т/га

Удобрення	Інокуляція	Рік		Середнє
		2020	2021	
Без добрив	б/і*	1,88	1,90	1,89
	і	2,1	2,22	2,16
N15P60K60	б/і	2,15	2,21	2,18
	і	2,4	2,52	2,46
N30P60K60	б/і	2,25	2,41	2,33
	і	2,54	2,86	2,70
N45P60K60	б/і	2,4	2,54	2,47
	і	2,57	2,89	2,73
N30P60K60 + N15	б/і	2,47	2,61	2,54
	і	2,76	3,06	2,91
Середнє		2,4	2,5	2,44
Без добрив	б/і	2,17	2,21	2,19
	і	2,38	2,48	2,43
N15P60K60	б/і	2,52	2,54	2,53
	і	2,64	2,78	2,71
N30P60K60	б/і	2,65	2,67	2,66
	і	2,76	2,92	2,84
N45P60K60	б/і	2,71	2,75	2,73
	і	2,78	2,98	2,88
N30P60K60 + N15	б/і	2,81	3,01	2,91
	і	3,02	3,32	3,17
		2,6	2,8	2,71
НІР0,05 загальна		0,42	0,48	0,54
НІР0,05 сорт		0,12	0,13	0,14
НІР0,05 удобрення		0,24	0,26	0,28
НІР0,05 інокуляція		0,12	0,13	0,14