

ВПЛИВ ПОЄДНАННЯ ПРОЦЕСУ ІНОКУЛЯЦІЇ, ЗАСТОСУВАННЯ МІКРОДОБРІВ ТА ІНСЕКТИЦИДНО-ФУНГІЦИДНОГО ПРЕПАРАТУ НА ТЕХНОЛОГІЮ ВИРОЩУВАННЯ СОРТІВ СОЇ ЗА РІЗНИМИ ГРУПАМИ СТИГЛОСТІ В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ ЗАХІДНОГО

Олег Бахмат¹, Інна Федорук²

Подільський державний аграрно-технічний університет¹, м. Кам'янець-Подільський
Коледж Подільського державного аграрно-технічного університету²,

м. Кам'янець-Подільський

gerbah@ukr.net, fedoryk_i15@ukr.net

<https://doi.org/10.37406/sXXIcp.2021.v2.97>

Вступ

Серед культур, що останнім часом посідають провідне місце в сільськогосподарській галузі України, значна роль належить сої. Широкі можливості використання, стабільно високий попит на ринку, в тому числі експортному, збагачення ґрунту азотом і, як результат, сприятлива дія на сівозміну.

Соя є однією із найбільш цінних олійних культур. Повноцінність харчових продуктів визначається вмістом білка та його якістю. Проблема рослинного білка можна вирішити за рахунок вирощування зернобобових культур [1].

Вирощування сої в умовах змін клімату Лісостепу західного – це досить особлива тема. У технології вирощування потрібно поєднати усі аспекти: підбір районованого сорту, підготовку ґрунту, збереження вологи, забезпечення рослин вологою, правильний підбір системи захисту із продуктами рекомендованими до сорту та згаданої кліматичної зони. Саме ці елементи будуть впливати на врожай сої та якість її зерна.

Соя відіграє значну роль у біологічному землеробстві. Вона фіксує азот з повітря, забезпечуючи ним на 60-70% свою потребу та залишає його в ґрунті разом з рослинними рештками після збирання врожаю. Запровадження науково обґрунтованої технології вирощування сої дає змогу отримувати 2,5-3,0 т/га насіння [2].

Найважливішою умовою одержання високих урожаїв сої є наявність у ґрунті доступних елементів живлення, азотфіксуючих бульбочкових бактерій, вологи і температурного режиму. Тому важливо визначити і створити оптимальні умови середовища для реалізації потенційної азотфіксуючої активності сої кожного сортотипу в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах [3].

Нестача мікроелементів знижує врожайність, викликає ураження хворобами, погіршує якість зерна. Для росту і розвитку сої мікроелементи надзвичайно важливі, оскільки наявність їх у достатній кількості є обов'язковою умовою інтенсивного засвоєння азоту з повітря [1].

Розділ 1.

Врахування собівартості інокуляції в сучасних умовах – це економічно і практично виправдана технологічна операція в процесі вирощування сої. Адже це є природний шлях збільшення азоту доступного для рослини, що в кінцевому результаті сприяє підвищенню та розкриттю потенціалу врожайності будь-якого сорту сої.

Перш за все продуктивність сої залежить від технології вирощування. Але

вагомим аргументом, який займає одне з головних питань у технології, є обробка високо продуктивного посівного матеріалу насіння інокулянтами.

Відомо, що ризобії можуть потрапляти в ґрунт у складі комерційних інокулянтів, розповсюджуватися повітрям із насінням або культивуватись як симбіонти місцевих бобових рослин. При передпосівній інокуляції бобових рослин кількість бульбочкових бактерій, що потрапляють у ґрунт, залежить від розміру насіння, густоти посіву, групи стиглості та методу інокуляції. Високоякісні інокулянти забезпечують потрапляння не менше ніж 2×10^3 клітин бактерій на одну насінину або це не менше 100 тис. бактерій на одну насінину. З часом росту і розвитку сої кількість ризобій у ґрунті швидко зростає за рахунок їх вивільнення із бульбочок, що відмирають після закінчення вегетації бобових рослин. У багатьох випадках це забезпечує домінування штамів-інокулянтів впродовж 5-15 років після першої вихідної інокуляції. Ризобії складають відносно невелику частину ґрунтової мікробіоти – від 0,1 до 0,8 % загальної її чисельності [5].

Проводячи досліді з впливу інокуляції насіння на врожай сої, ми поєднували у баковій суміші інокулянт – препарат Вуксал КоМо та інсектицидно фунгіцидний препарат Сдандак Топ з терміном висіву до 5-7 днів. Одна з головних вимог – це використання високоякісних інокулянтів із високим вмістом життєздатних азотфіксуючих бактерій для обробки насіння сої; на сьогодні є необхідність в цьому, оскільки в повній мірі дає розкрити і реалізувати генетичний і сортовий потенціал сучасних сортів, а це, в свою чергу, забезпечить отримання високих врожаїв сої з оптимальними затратами і максимально швидкою окупністю вкладених інвестицій особливо в умовах сьогодення [5].

Бульбочкові бактерії попадають в корінь рослини-господаря на стадії проростків. Попередньо вони розмножуються і нагромаджуються в ризосфері і ризоплані рослин до концентрації, яка забезпечує інокуляцію (зараження), приблизно $10^5 - 10^6$ клітин/г ґрунту [2].

Використання високоякісних інокулянтів із високим вмістом життєздатних азотфіксуючих бактерій для обробки насіння сої на сьогоднішній час є необхідністю, оскільки надає можливість розкрити і реалізувати генетичний і сортовий потенціал сучасних сортів, а це забезпечить отримання високих врожаїв зерна сої з оптимальними затратами і максимально швидкою окупністю особливо в умовах сьогодення [10,11].

Таким чином, інокуляція – це важливий елемент у технології вирощування сої на рівні із використанням мікродобрив [5].

Не менш важливим елементом у технології вирощування сої є її позакориневе підживлення мікродобривами. Дефіцит мікроелементів призводить до зниження врожайності, збільшує ризики ураження хворобами, призводить до втрати якості насіння. Запорукою ефективної азотофіксації є збалансоване живлення рослин сої та забезпечення їх мікроелементами: боромом, молібден, кобальтом, сіркою, марганцем — їх збалансований та привильний підбір в позакориневому підживленні є гарантією гарного урожаю [9].

Також одним із важливих аспектів вирощування сої є забезпечення не тільки макроелементами NPK, Ca, S, а також і мікроелементами. Одним із шляхів поповнення запасів є позакориневе живлення в період вегетації на певних етапах росту і розвитку сої,

В організмі рослин виявлено понад 60 мікроелементів, але життєва необхідність

доведена лише для заліза, міді, марганцю, молібдену, бору, цинку, нікелю і хлору. Необхідність для рослин решти мікроелементів поки вивчається. Поглинання мікроелементів суворо регулюється, оскільки необхідні вони лише в дуже мізерній кількості (менше 0,001 %) [2].

Як зазначає В.В. Москалець [9], насамперед це такі мікроелементи, як бор, молібден, мідь, цинк, залізо, марганець, кобальт, магній. За їхньої відсутності не може нормально розвиватися жодна рослина, оскільки вони входять до складу найважливіших ферментів, вітамінів, гормонів та інших фізіологічно активних речовин. Мікроелементи беруть участь у процесах синтезу білків, вуглеводів, жирів, вітамінів. Під їхнім впливом збільшується вміст хлорофілу в листках, посилюється асиміляційна діяльність рослини, зростає ефективність процесу фотосинтезу.

Хімічний склад рослини сої може суттєво відрізнятись залежно від родючості ґрунту та балансу поживних речовин у ньому. За оптимальних умов рослини показують однаковий склад незалежно від зони вирощування. Відповідно 90 % сухої речовини рослин складає вуглекислий газ, водень і кисень з повітря. Однак вони не засвоюються в повній мірі, якщо в ґрунті недостатня кількість інших макро- і мікроелементів.

Нестача мікроелементів знижує врожайність, викликає ураження хворобами, погіршує якість зерна. Для росту і розвитку сої мікроелементи надзвичайно важливі, оскільки наявність їх у достатній кількості є обов'язковою умовою інтенсивного засвоєння азоту з повітря [1].

Необхідність використання мікроелементів у технології вирощування сої є важливим елементом, що впливає на важливі фізіологічні процеси рослин: ріст, розвиток, розмноження, стійкість до несприятливих умов. При використанні мікроелементів обов'язково потрібно враховувати, що їх вплив мікроелементів на рослини проявляється за умови повного забезпечення рослин макроелементами.

Мікроелементи поглинаються соєю в меншій кількості в порівнянні з азотом, фосфором, калієм, а інколи й кальцієм, магнієм та сіркою. Не дивлячись на це, їх роль не менш важлива, а нестача мікроелементів призводить до значного уповільнення темпів росту і зниження врожайності. Цинк активує ряд ферментів, бере участь в азотному обміні речовин у рослині та формуванню білка, а також на виробництво амінокислоти триптофану – відіграє головну роль в утворенні бульбочок. Залізо є необхідним складником хлорофілу і необхідне для дихання та процесів фотосинтезу, створення легмоглобіну. Марганець виконує важливу роль у метаболічних процесах, таких як активація ферментів, синтез хлорофілу, фотосинтез і редукція нітратів. Мідь виконує важливу роль у функціонуванні хлоропластів і покращенні процесу фотосинтезу. Її нестача може знизити ріст і врожайність рослин сої за рахунок зниження інтенсивності фотосинтезу. Молібден необхідний для діяльності двох важливих ферментів – нітроредуктази та нітрогенази, які необхідні для редукції нітратів і для атмосферної фіксації азоту, зняття гербіцидного навантаження на культуру. Бор необхідний для активності меристеми й, отже, для росту пагонів, коренів, квіткових органів. Кобальт виконує важливу роль в ефективній фіксації азоту, позитивно впливає на кількість і масу бульбочкових бактерій та вміст азоту в рослині, який надходить при основному внесенні, а також при позакореновому живленні [8].

Більшість елементів виконують в живому організмі декілька функцій. Наприклад, магній є необхідним структурним компонентом молекули хлорофілу, а

також він є кофактором багатьох ферментів, Mg^{2+} впливає на функціонування клітинних органодів рибосом. Більшість елементів мають у клітині строгу локалізацію, певну концентрацію. Елементи взаємодіють між собою в біохімічних процесах, забезпечуючи нормальне функціонування рослинного організму. Мінеральні речовини – не метали – надходять в рослини у вигляді аніонів (фосфор, сірка, хлор, силіцій, бор), метали – у вигляді катіонів (калій, натрій, кальцій, магній) або металохелатів (залізо, мідь та інші). Винятком є молібден, який поглинається у вигляді MoO_4^{2-} [2]

Сильні дефіцити вологи **під час цвітіння та наливу зерна** можуть викликати фізіологічні зміни в рослині, такі як скручування листків і, як наслідок, передчасне обпадання листя та квітів, абортацию бобів та втрати врожаю.

Загальні вимоги сої до вологи (для отримання максимальної врожайності) коливаються від 450 до 800 мм за вегетацію залежно від кліматичних умов, технології вирощування та тривалості вегетаційного періоду.

Важливий елемент водного балансу рослин – водообмін між зоною поширення коренів та шарами ґрунту, що знаходяться нижче. Це положення має значення особливо тоді, коли підґрунтові води залягають близько до поверхні. Інтенсивність такого водообміну визначається вмістом вологи у верхньому метровому шарі ґрунту, глибиною залягання підґрунтових вод, здатністю ґрунту до набухання та іншими факторами [2, 4].

Важливим фактором, що призводить до абортуювання бобів сої, є **нестача вологи (водний стрес)** під час розвитку квіток. Це відбувається через пригнічення фотосинтезу та зменшення кількості фотоасимілятів, що транспортуються до репродуктивних тканин.

Проте одним із найважливіших факторів, що впливають на абортуювання квітів сої, є **доступність фітогормонів, зокрема цитокінінів**.

Фітогормони, маючи поліфункціональну дію, регулюють багато біохімічних і фізіологічних процесів рослин. Усі п'ять груп фітогормонів беруть участь у бульбоутворенні рослин. Процес бульбоутворення проходить у дві фази: виникнення і ріст столонів; формування і ріст бульб. Функціональна роль фітогормонів у цих процесах така: ауксини синтезуються в стеблових бруньках і прилягаючих молодих листках, стимулюють коренеутворення і гальмують утворення бульб; гібереліни синтезуються в листках, стимулюють ріст столонів, затримуючи утворення бульб; абсцизини затримують ріст столонів і тим самим стимулюють утворення бульб; цитокініни синтезуються в коренях і викликають потовщення столонів і утворення бульб [2].

Вважається, що цитокініни відіграють життєво важливу роль у розвитку квіток сої та є ключовими гормонами у регулюванні формування плодів. За даними науковців, цитокініни утворюються кореневою системою і транспортуються до пагонів, де вони і залучаються до регуляції їх розвитку. Найбільша концентрація цитокінінів у рослинах відмічається у період від початку цвітіння та до 9-ти днів після нього. У цей час і визначається «доля» більшості квіток – перетворитися на боби або абортуватися. А часті випадки обсіпання на цій стадії виникають через зменшення кількості цитокініну у рослинах.

За допомогою цитокінінів корені рослини активують ріст надземних органів. Цитокініни, впливаючи на структурний і функціональний стан клітинних мембран, підвищують атрагуючу здатність тканин і органів, у тому числі ростучих плодів,

насіння, бульб. Вони затримують старіння листя [2, 4].

Цитокиніни беруть участь у багатьох фізіологічних процесах у рослині: морфогенезі пагону та кореня, дозріванні хлоропластів, лінійному рості клітини, утворенні додаткових бруньок та старінні.

Основною функцією цитокинінів є стимуляція поділу клітин, утворення органів для накопичення асимілятів – синтез білків, затримка старіння, переривання стану спокою рослини, а також активація поглинання води та калію. Підвищенню рівня цитокинінів у рослині сприяє утворення великої кількості маленьких корінців, підвищення інтенсивності сонячного опромінювання, великий вміст азоту у ґрунті.

Затримують дію цитокинінів спекотна погода і надлишок вуглекислого газу, порушення водного балансу та нестача поживних речовин.

Для мінімізації впливу дефіциту вологи рекомендується використовувати адаптовані сорти для конкретних ґрунтово-кліматичних умов вирощування; проводити вчасний посів в достатньо зволожений ґрунт; застосовувати заходи, які покращують водоспоживання рослинами сої [4].

Розділ 2.

На основі аналізу літературних джерел та публікацій було вивчено особливості сортів сої для вирощування в умовах Лісостепу західного. Розглянуто ключові напрямки підвищення продуктивності сортів сої. Наведено та обґрунтовано переваги та вказані основні недоліки та проблеми вирощування сортів сої в умовах Лісостепу західного. *Досліджено особливості сортів сої, впливу процесу інокуляції та ефективності внесення мікродобрив, що дало можливість розробити прийоми технології вирощування із врахуванням біології рослин на зміни кліматичних умов. Досліджено процеси росту і розвитку сортів сої: Максус, Кордоба, Саска залежно від обробки насіння інсектицидно-фунгіцидним препаратом Стандак Топ, інокулянтами Хі Стік, Хай Кот Супер, Хай Кот Супер Extender та обробки насіння мікродобривом КоМо 15, а також позакореневих підживлень мікродобривами Вуксал Борон та Босфоліар у період вегетації рослин.*

У результаті досліджень розроблено нові технологічні аспекти із поєднання процесу інокуляції і застосування мікродобрив та *інсектицидно-фунгіцидного препарату* у технології вирощування, які дають значні результати із збільшення врожайності. Слід враховувати також відносну вологість повітря і запаси продуктивної вологи ґрунту.

Результати досліджень спрямовані на вирішення актуальних завдань у технології вирощування зернобобових культур, а саме: розробку варіанту технології вирощування сої із підбору сортів, адаптованих до даної кліматичної зони, застосування інокулянтів та мікродобрив в умовах змін клімату Лісостепу західного.

Основою для проведення досліджень у даній роботі є інокулянти Хі Стік та Хай Кот Супер і Хай Кот Супер Extender (живильне середовище).

Інокулянти Хі Стік та Хай Кот доступні у ряді зручних, легких у використанні та нанесенні формуляцій. Це дозволяє ефективно використовувати корисні ризобіальні бактерії до насінини, що покращують здатність бобових рослин фіксувати атмосферний азот та підвищувати врожайність. Використання інокулянтів – науково доведений природний шлях збільшення кількості азоту, доступного для рослин, і підвищення та розкриття їх потенціалу врожайності [6, 7].

Інокулянт Хі Стік містить вискоєфективний штам 532 С бульбочкової бактерії *Bradyrhizobium japonicum* з мінімальним титром не менше 2×10^9 / *г на основі

стерилізованого торфу і високоефективного прилипача.

Препарат має тривалий термін зберігання, упродовж якого виробник гарантує високу кількість бактерій на кожній насінині при дотриманні правил і строків застосування (нанесення). Прилипач, що міститься у продукті, забезпечує найкраще покриття поверхні насінини та запобігає нерівномірному нанесенню, значно зменшує обсіпання і накопичення інокулянту в нижній частині насінного бункера сівалки. Інокулянт Хі Стік сумісний з більшістю протруйників насіння, дозволених законодавством для використання на посівах сої в Україні. Торф підтримує заявлену високу кількість живих бактерій протягом усього терміну зберігання препарату. Норма витрати препарату 4 кг/т насіння сої [6,7].

За умови сухої інокуляції можна його застосовувати одночасно з протруйниками, що містять фіпроніл, тіофанат-метил, піраклостробін, металаксил, протіоконазол.

Інокулянт Хай Кот Супер містить високоефективний штам 532 С бульбочкової бактерії *Bradyrhizobium japonicum* з мінімальним титром не менше 1×10^{10} /г, що на сьогодні є найвищим показником на ринку. Препарат представлений у двокомпонентній рідкій формуляції: розчин бактерій та розчин екстендера, що забезпечує живлення бактерій на насінині та їх захист. Норма витрати препарату – 1,42 л Хай Кот Супер та 1,42 л Хай Кот Супер Extender на 1 тону насіння сої [6,7].

Інокулянт Хай Ко Супер та Хай Кот Супер Extender – це унікальна інноваційна технологія компанії BASF, розроблена для попередньої високоякісної інокуляції насіння, що дає можливість завчасно підготувати посівний матеріал та економить час у період весняно-польових робіт.

Даний інокулянт можна застосовувати з деякими препаратами як фунгіцидною, так і інсектицидною дією, зареєстрованими для сої, наприклад, Стандак® Топ. Перед застосуванням з іншими протруйниками необхідно провести тест на сумісність.

При використанні мікроелементів обов'язково потрібно враховувати їхній синергізм за умови повного забезпечення рослин макроелементами.

Оптимальним та економічно вигідним є використання у технології вирощування добрив **Басфоліар** – це група рідких, багатокомпонентних листових добрив, призначених для підживлення всіх видів сільськогосподарських культур.

Басфоліар 12-4-6+S – комплексне мікродобриво, що містить збалансовану кількість азоту, фосфору, калію та сірки, а також мікроелементи. Мікроелементи хелатовані біологічною речовиною IDHA, яка розкладається.

Солю Бор (В) – концентроване добриво, що містить високий вміст бору. Застосовується для культур чутливих до дефіциту бору.

Солю Марганець (Mn) – концентроване добриво, що містить високий вміст марганцю в хелатній формі. Застосовується для корекції мінерального живлення рослин, особливо для культур чутливих до дефіциту марганцю.

Солю Молибден (Mo) – концентроване добриво, що містить високий вміст молибдену. Застосовується для корекції мінерального живлення рослин, особливо для культур чутливих до дефіциту молибдену.

Також економічно обґрунтованим є використання у технології вирощування сої препарату **Вуксал Борон**, що є висококонцентрованою суспензією для швидкого забезпечення рослин бором з додатковими ефектами прилипача і сурфактанта.

Вуксал Борон – комплексна суспензія з високим вмістом бору, що гарантує надзвичайно ефективно його проникнення через листову поверхню. Наявність

додаткових поживних речовин посилює дію бору та запобігає можливому дисбалансу елементів живлення, а також сприяє кращому запиленню та зав'язуванню плодів, зменшує абортивність квіток, регулює водний баланс клітин рослини, впливає на ріст та розвиток меристеми, сприяє кращому поділу клітин. Вміст елементів живлення: азот загальний 110,0 г/л, фосфор водорозчинний 138,0 г/л, бор водорозчинний 96,0 г/л, мідь водорозчинна 0,69 г/л, залізо водорозчинне 1,38 г/л, марганець водорозчинний 0,69 г/л, цинк водорозчинний 0,69 г/л, молібден водорозчинний 0,013 г/л [7].

Бобові культури добре реагують своєю продуктивністю на позакореневе підживлення молібденом, бором, марганцем, цинком, магнієм та сіркою. Особлива роль у мінеральному живленні бобових рослин належить молібдену, який покращує азотний обмін та фіксацію атмосферного азоту бульбочковими бактеріями. Критичними фазами у споживанні мікроелементів бобовими культурами є фази бутонізації та формування перших нижніх бобиків.

У досліді вивчалися такі сорти сої – Максус, Кордоба, Саска.

Сорт сої Максус селекції Prograin. Вегетаційний період складає 100-110 днів. Висота рослин – 85-115 см, вміст білків 41%.

Сорт сої Саска селекції Prograin. Вегетаційний період складає 115-120 днів. Висота рослин – 135 см. Вміст білків 41%.

Генетично обумовлена сортова адаптивність цих сортів до різних ґрунтово-кліматичних районів України забезпечує ефективність науково обґрунтованих сортових технологій, високою врожайністю в усіх ґрунтово-кліматичних районах Лісостепу України.

Кордоба високоврожайний сорт сої селекції SAATBAU. Середньораннього періоду стиглості. Вегетаційний період 105-110 діб. Висота культури – 90 см. Вміст білка – 40-44%.

Впровадження нових сортів сої зарубіжної селекції викликає гостру потребу в розробленні їх сортової технології, зокрема використання інокулянтів, визначення оптимальних норм висіву на різних фонах живлення, що дає можливість якомога краще використовувати високий потенціал продуктивності цих сортів.

Польовий дослід проводиться в польовій сівозміні поля №2 сільськогосподарського підприємства ТОВ «Гарант» Кам'янець-Подільського району, Хмельницької області як філіалу кафедри екології, карантину і захисту рослин Подільського державного аграрно-технічного університету.

Територіально дослідне поле було розташоване в південно-західній лісостеповій частині Хмельницької області, яке за умовами теплозабезпечення і зволоження відноситься до південного вологого агрокліматичного регіону Лісостепу західного.

Отримані результати досліджень показали, що продуктивність зерна сої залежить від сорту, факторів дослідження (фактор А – сорт, фактор В – мікродобриво, фактор С – інокуляція) і варіантів у досліді, кліматичних умов вирощування.

Збільшення виробництва зерна сої можливе лише завдяки удосконаленню існуючих та розробці нових агротехнічних елементів інтенсивної технології її вирощування з урахуванням істотної зміни клімату.

Усі досліджувані сорти сої мали високу продуктивністю як в окремі роки, так і в середньому за три роки вирощування, особливо вирізнявся сорт Кордоба порівняно з сортами Максус і Саска. Значно більшою мірою врожайність зерна сої змінювалася

за роками залежно від погодних умов і, перш за все, забезпеченості їх вологою впродовж усього вегетаційного періоду. Найбільш висока врожайність зерна сформувалася у 2018р., так як саме цей рік мав достатню кількість вологи під час вегетаційного періоду рослин сої.

Поєднання процесу інокуляції та застосування мікродобрив у технології вирощування дають значні результати із збільшення врожайності. Слід враховувати відносну вологість повітря і запаси продуктивної вологи ґрунту.

Проаналізувавши рівень урожайності сортів сої Максус, Кордоба, Саска в досліді, нами було одержано комплексний показник, що включав в себе такі складові: генетичний потенціал сорту, родючість ґрунту та доступність елементів живлення за періодами росту і розвитку сої, сформований режим живлення за рахунок норм мінеральних добрив, погодні умови за період вегетації сортів, густина стояння рослин, якість проведення механізованих робіт.

Зважаючи на зазначене, було проведено відбір рослин і проведено структурний аналіз снопового матеріалу. Структуру врожаю досліджували в снопових зразках, які відбирали в повну стиглість на площадках 0,25 м² у чотирьох повтореннях. Визначали масу снопа, кількість рослин, гілок, бобів на головних і бічних гілках, насінин у бобі, число і масу насінин на рослині, масу 1000 насінин. Облік врожаю проводили з усієї облікової площі кожної ділянки. Урожай зерна приводили до 100% чистоти та 14% вологості.

Математично-статистичні дослідження експериментальних даних проведено: методом дисперсійного аналізу багатофакторних комплексів; кореляційним та регресійним аналізами (урожайні дані); методом варіаційних рядів, різницеvim, кореляційним, регресійним тощо (кількісні ознаки рослин).

Проведений кореляційно-регресійний аналіз показав пряму і тісну залежність між біометричними показниками і врожайністю рослин сої. Вона коливалась від 0,81 до 0,99 залежно від сорту. Серед них нами обрано три показники, зв'язок яких був найсильнішим, і створили регресійну модель лінійної залежності цих параметрів (табл. 1).

Таблиця 1

Математичні моделі залежності фактичної урожайності та елементів структури врожаю сої за 2015-2018 рр.

Показники	Рівняння регресії	Коефіцієнт кореляції, R	Коефіцієнт детермінації, D, %
Максус			
Кількість бобів, шт	$y = 0,0428x + 1,619$	0,960	92
Кількість насінин, шт	$y = 0,0205x + 1,6689$	0,967	93
Маса насінин з рослини, г	$y = 0,11x + 1,6569$	0,965	93
Кордоба			
Кількість бобів, шт	$y = 0,1521x + 0,219$	0,953	91
Кількість насінин, шт	$y = 0,0732x + 0,4116$	0,955	91
Маса насінин з рослини, г	$y = 0,3814x + 0,4035$	0,944	89
Саска			
Кількість бобів, шт	$y = 0,1034x + 0,669$	0,950	90
Кількість насінин, шт	$y = 0,0458x + 0,9283$	0,905	82
Маса насінин з рослини, г	$y = 0,1638x + 1,3667$	0,906	82

Згідно рівняння регресії збільшення на одиницю кількості бобів на рослині призводило до підвищення урожайності сої на 0,0428 т/га у сорту Максус, на 0,1521 т/га у сорту Кордоба і 0,1034 т/га у сорту Саска. Збільшення кількості насінин в одному бобі на одиницю призводило до збільшення урожайності сої на 0,0205 т/га у сорту Максус, на 0,0732 і 0,0458 т/га у сортів Кордоба і Саска відповідно.

Зростання маси насіння з рослини на одиницю призводило до підвищення врожайності сої на 0,11 т/га у сорту Максус, на 0,1638 у сорту Саска і найбільший приріст – 0,3814 т/га у Кордобі.

Аналізуючи показники врожайності сорту сої Максус (табл. 2), необхідно зазначити, що найнижчі значення показників були притаманні для варіанту контроль (обробка водою).

Таблиця 2

Урожайність сої сортів Максус, Кордоба, Саска в роки досліджень залежно від мікродобрив та інокуляції (за 2015-2018 рр.) т/га

Варіанти досліджень	Урожайність сої за роками, т/га			
	2015	2016	2017	2018
Сорт Максус				
Контроль	1,50	1,32	1,75	3,78
Вуксал Борон	1,65	1,35	1,97	4,03
Вуксал Борон + Босфоліар	1,87	1,36	2,18	4,31
Хі Стік	2,07	1,44	2,27	4,08
Хай Кот Супер + Хай Кот Супер Extender	2,23	1,68	2,30	4,22
Хі Стік + Хай Кот Супер + Хай Кот Супер Extender	2,12	1,80	2,63	4,72
Хі Стік + Вуксал Борон	2,21	1,48	2,39	4,59
Хай Кот Супер + Хай Кот Супер Extender + Вуксал Борон	2,32	1,79	2,48	4,69
Хі Стік + Хай Кот Супер + Хай Кот Супер Extender + Вуксал Борон	2,29	1,97	2,77	5,05
Хі Стік + Вуксал Борон + Босфоліар	2,33	1,55	2,58	4,41
Хай Кот Супер + Хай Кот Супер Extender + Вуксал Борон + Босфоліар	2,42	1,83	2,67	4,58
Хі Стік + Хай Кот Супер + Хай Кот Супер Extender + Вуксал Борон + Босфоліар	2,38	2,04	2,96	4,53
Сорт Кордоба				
Контроль	1,78	0,96	2,4	4,14
Вуксал Борон	1,97	1,01	2,45	4,33
Вуксал Борон + Босфоліар	2,03	1,03	2,63	4,52
Хі Стік	2,24	1,22	2,53	4,48
Хай Кот Супер + Хай Кот Супер Extender	2,70	1,41	2,67	4,61
Хі Стік + Хай Кот Супер + Хай Кот Супер Extender	3,03	1,48	2,91	4,93
Хі Стік + Вуксал Борон	2,39	1,26	2,47	4,79
Хай Кот Супер + Хай Кот Супер Extender + Вуксал Борон	2,83	1,47	2,86	4,91
Хі Стік + Хай Кот Супер + Хай Кот Супер Extender + Вуксал Борон	3,14	1,59	3,15	5,19
Хі Стік + Вуксал Борон + Босфоліар	2,45	1,30	2,69	4,71
Хай Кот Супер + Хай Кот Супер Extender + Вуксал Борон + Босфоліар	2,94	1,52	3,15	4,84

Продовження табл. 2

Хі Стік + Хай Кот Супер + Хай Кот Супер Extender + Вуксал Борон + Босфоліар	3,20	1,67	3,49	4,96	
Сорт Саска					
Контроль	1,71	0,83	2,27	3,28	
Вуксал Борон	1,93	0,85	2,36	3,44	
Вуксал Борон + Босфоліар	2,01	0,86	2,48	3,51	
Хі Стік	2,25	0,89	2,59	3,46	
Хай Кот Супер + Хай Кот Супер Extender	3,06	0,93	2,64	3,59	
Хі Стік + Хай Кот Супер + Хай Кот Супер Extender	3,16	1,05	2,73	3,85	
Хі Стік + Вуксал Борон	2,45	0,93	2,88	4,25	
Хай Кот Супер + Хай Кот Супер Extender + Вуксал Борон	3,15	0,98	2,95	4,13	
Хі Стік + Хай Кот Супер + Хай Кот Супер Extender + Вуксал Борон	3,20	1,14	2,92	4,37	
Хі Стік + Вуксал Борон + Босфоліар	2,59	0,94	2,64	3,62	
Хай Кот Супер + Хай Кот Супер Extender + Вуксал Борон + Босфоліар	3,28	1,00	2,39	3,85	
Хі Стік + Хай Кот Супер + Хай Кот Супер Extender + Вуксал Борон + Босфоліар	3,35	1,17	2,67	3,71	
НІР 05, т/га	А	0,06	0,08	0,07	0,07
	В	0,06	0,08	0,07	0,07
	С	0,07	0,10	0,08	0,09
	АВ	0,10	0,15	0,12	0,13
	АС	0,12	0,17	0,14	0,15
	ВС	0,12	0,17	0,14	0,15
	АВС	0,03	0,05	0,04	0,04

За даними таблиці показники врожайності за 2015 рік досить високі, особливо високий показник у варіанті дослід з обробкою насіння інокулянтном Хі Стік + Хай Кот Супер + Хай Кот Супер Extender + Вуксал Борон на сортові Кордоба – 3,14 т/га, Саска – 3,20 т/га. Високі показники врожайності показує варіант дослід з обробкою насіння інокулянтном Хі Стік + Хай Кот Супер + Хай Кот Супер Extender + Вуксал Борон + Босфоліар на сортові Кордоба – 3,20 т/га, Саска – 3,35 т/га.

При використанні інокулянтів в умовах сезону 2016 року спостерігаємо інший вплив на врожайність в залежності від групи стиглості сортів. Сорт Максус до контролю дав прибавку 0,72 т/га на варіанті Хі Стік + Хай Кот Супер + Хай Кот Супер Extender + Вуксал Борон + Босфоліар, Кордоба на в цьому варіанті показала результат 0,71 т/га, а пізньостиглий сорт Саска на варіанті в умовах нестачі вологи не зумів повністю сформувати потенційний врожай і приріст врожаю до контролю склав 0,34 т/га, погодно-кліматичні умови 2016 року не дозволили усім сортам повністю розкрити свій генетичний потенціал.

Погодно-кліматичні умови 2017 року в порівнянні з минулим вегетаційним роком (2016) були більш сприятливими для вирощування культури. Формування врожаю сої у сортів Максус і Кордоба (закладка бобів, налив) відбувалися при помірній наявності вологи як у ґрунті, так і в повітрі. У пізньостиглого сорту Саска процеси цвітіння, закладки бобів, їх налив для першого-четвертого ярусів відбувалися при відносно сприятливих умовах.

Проаналізувавши дані таблиці, видно, що у варіанті без інокулянтів, але з

використанням мікродобрива Вуксал Борон, незалежно від групи стиглості сортів сої отримано прибавку врожаю від 0,05 т/га до 0,22 т/га, що становило відповідно 2,0-12,5%. Повторне використання мікродобрива, а саме Босфоліару, дозволило отримати додатково від 0,11 т/га до 0,21 т/га, максимальний результат був на сорті Максус – 0,21 т/га, тоді як сорт Саска забезпечив додатково лише 0,11 т/га.

Погодно-кліматичні умови 2018 року внесли свої корективи на величину врожаю сортів сої незалежно від груп стиглості і повторного використання Босфоліару, усі сорти позитивно відреагували на зростання прибавки врожаю. Повторне використання мікродобрив у фазі наливу бобів зменшило прибавку врожаю з 33,6% до 21,4 % при одноразовому використанні Вуксал Борону і до 27,8% максимально і до 10,4 % при повторному використанні Босфоліару.

Погодно-кліматичні умови 2018 року дозволили ранньостиглим і середньостиглим сортам сої розкрити свій генетичний потенціал.

Найвищий урожай зерна в середньому за 4 роки досліджень (3,33 т/га або на 43,5% більше порівняно до контролю) забезпечив сорт сої Кордоба на варіанті з інокуляцією насіння препаратами Хі Стік + Хай Кот Супер + Хай Кот Супер Extender та обробкою посівів мікродобривами Вуксал Борон та Босфоліар. Дещо менше зерна (2,97 т/га або 42,8% приросту до контролю) на цих же варіантах удобрення зібрано у сорту Максус і найменше – 2,72 т/га або 34,6% приросту до контролю – у сорту Саска.

Висновки

Провівши дослідження з різними групами стиглості з таких сортів сої як Максус, Кордоба, Саска, отримали позитивні результати від використання інокулянтів та мікродобрив.

Підбір сортів з хорошим генетичним потенціалом, рекомендованих до кліматичних умов Поділля в поєднанні з процесом інокуляції та застосування мікродобрив у технології вирощування, як показують результати проведеного дослідження, дають значні результати зі збільшення врожайності.

Список використаних джерел

- [1] Петриченко В. Ф., Лихочвор В. В. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур : навчальний посібник. 4-те вид., випр. і доп. Львів : Українські технології, 2014. 1040 с.
- [2] Фізіологія рослин : підручник / ред. : Макрушин М. М. та ін. Вінниця : Нова книга, 2006. 416 с.
- [3] Бабич А. О., Бабич-Побережна А. А. Соя – стратегічна культура світового землеробства 21 століття. *Пропозиція*. 2006. № 6. С. 45-46.
- [4] Федорук І. В. та ін. Особливості вирощування сої в сучасних кліматичних реаліях. Кліматичні зміни та сільське господарство. Виклики для аграрної науки та освіти : збірник тез III Міжнар. наук.-практ. конф. Київ, 2020. С. 83-86.
- [5] Fedoruk I., Bakhmat O., Khmelianchyshyn Yu., Gorodyska O. Agroecological influence of micronutrient fertilizers and seed inoculation on a soybean crop. *EUREK: Life Sciences: scientific journal*. Tallin, Estonia, 2021. Issue. 2. pp. 16-24.
- [6] Бобові : брошура / BASF Agro. Київ, 2021. 81 с. URL: https://www.agro.basf.ua/Documents/2021/BASF_bobovie_160x225_2021_web.pdf.
- [7] Від хорошого до кращого. Інокулянти компанії BASF. *Агробізнес сьогодні*. 2015. С. 20-22. URL: <http://agro-business.com.ua/2017-09-29-05-56-43/item/2231-vid->

[khoroshoho-do-krashchoho-inokulianty-kompanii-basf.html](#)

- [8] Соя : биология, производство, использование / под ред. Гурикбала Сингха. Лудхиана : Пентджабский с.-х. ун-т, фак-т селекции, растений и генетики, 2014. 650 с.
- [9] Москалец В. В., Шинкаренко В. К. Застосування мікробних препаратів і мікроелементних добрив на якість зерна сої. *Агроекологічний журнал*. 2004. № 3. С. 20.
- [10] Береговенко С. К. Вплив інокуляції насіння сої різними штамми *Bradyrhizobium japonicum* на вміст амінокислот і сирого протеїну в її зерні. *Физиология и биохимия культурных растений*. 2001. Т. 33, № 5. С. 432-435.
- [11] Нетіс В. І. Формування симбіотичного апарату сої залежно від інокуляції насіння, сорту та фону живлення в умовах зрошення. *Мікробіологія в сучасному сільськогосподарському виробництві* : матеріали XII наук. конф. молодих вчених, м. Чернігів, 24-25 жовт. 2017 р. Чернігів : Брагинець О. В., 2017. С. 38-40.