

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Агрономічний факультет
Кафедра ґрунтознавства та землеробства

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

Куликівський Владислав Богданович

УДК 633.34:631.811.98:631.81(477.42)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**ФОРМУВАННЯ УРОЖАЮ І ЯКОСТІ СОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД
УДОБРЕННЯ ТА РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ В УМОВАХ ТОВ
«ДЖІФЛАЙТ» М. ЖИТОМИР**

201 «Агрономія»

Подається на здобуття освітнього ступеня «Магістр»

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на
відповідне джерело _____ В.Б. Куликівський

Керівник роботи

канд. с.-г. наук, Кравчук М.М.

Житомир–2025

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ.....	3
ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. Продуктивність сої за використання мінеральних добрив та регуляторів росту(огляд літератури)	8
1.1.Особливості мінерального живлення сої.....	8
1.2. Вплив регуляторів росту на ріст та розвиток рослин сої.....	11
РОЗДІЛ 2. Умови та методика проведення досліджень.....	19
2.1. Місце проведення досліджень	19
2.2. Програма та методика проведення досліджень	19
РОЗДІЛ 3. Формування урожаю і якості сої залежно від удобрення та регуляторів росту (експериментальна частина)	22
3.1. Формування густоти стояння і висоти рослин залежно від внесення добрив та регуляторів росту.....	22
3.2. Вплив використання мінеральних добрив та регуляторів росту на показники структури врожаю сої	28
3.3. Урожайність сої залежно від внесення регуляторів росту та мінеральних добрив	30
3.4. Вплив удобрення та регуляторів росту на якість насіння сої.....	32
3.5. Економічна та енергетична оцінка застосування удобрення та регуляторів росту при вирощуванні сої	34
ВИСНОВКИ.....	38
РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ.....	39
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	40
ДОДАТКИ.....	45

АНОТАЦІЯ

Куликівський В.Б. Формування урожаю і якості сої залежно від удобрення та регуляторів росту в умовах ТОВ «Джіфлайт» м. Житомир. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 201 – агрономія. – Поліський національний університет, Житомир, 2025.

Кваліфікаційна робота має обсяг 47 сторінок комп'ютерного тексту, складається зі вступу, 3 розділів, висновків і рекомендацій виробництву та додатків, містить 8 таблиць, 2 рисунка. Список використаних літературних джерел складає 44 джерела.

У кваліфікаційній роботі здійснено теоретичне обґрунтування та практичне розв'язання наукової проблеми, пов'язаної з оптимізацією системи живлення рослин сої сорту Калгарі за умов її вирощування на дерново-підзолистому ґрунті Житомирської області.

Дослідження впливу внесення комплексних мінеральних добрив та позакореневого використання стимулятора росту на продуктивність сої показало, що для збільшення врожайності в умовах господарства рекомендується вносити при посіві комплекс добрива $N_7P_{21}K_{21}$ в нормі 100 кг га та вносити регулятор росту «Гумат Форте» у фазу 4-6 листків та фазу бутонізації в нормі 1 л/га. Застосування цієї комбінації удобрення забезпечило на дерново-підзолистих ґрунтах врожайність сої сорту Калгарі на рівні 2,67-2,65 т/га з вмістом сирого протеїну в зерні 39,2-40,1% та рівень рентабельності 132,9%.

Ключові слова: соя, урожайність, комплексні добрива, регулятор росту, показники якості зерна.

ANNOTATION

Kulikovsky V.B. Formation of soybean yield and quality depending on fertilization and growth regulators at Jiflight LLC, Zhytomyr. – Qualification work as a manuscript.

Qualification work for a master's degree in agronomy, specialty 201. – Polissia National University, Zhytomyr, 2025.

The qualification work consists of 47 pages of computer text, including an introduction, 3 chapters, conclusions and recommendations for production, and appendices, and contains 8 tables and 2 figures. The list of references includes 44 sources.

The thesis provides a theoretical justification and practical solution to the scientific problem related to the optimization of the nutrition system for Calgary soybean plants grown on sod-podzolic soil in the Zhytomyr region.

Research on the effect of applying complex mineral fertilizers and foliar application of a growth stimulator on soybean productivity showed that to increase yield under farm conditions, it is recommended to apply the N7P21K21 complex fertilizer at a rate of 100 kg per hectare during sowing and to apply the growth regulator “Humate Forte” at a rate of 1 l/ha during the 4-6 leaf stage and budding stage. The use of this fertilizer combination ensured a yield of Calgary soybeans on sod-podzolic soils at the level of 2.67-2.65 t/ha with a crude protein content in the grain of 39.2-40.1% and a profitability level of 132.9%.

Keywords: soybeans, yield, complex fertilizers, growth regulator, grain quality indicators.

ВСТУП

Актуальність теми. Серед ключових аграрних культур глобального значення, соя виступає як одна з найважливіших високопротеїнових та олійних рослин. Відповідно, її посівні площі у світі стабільно збільшуються. Протягом вегетаційного періоду соєві боби здатні синтезувати не лише значні обсяги білків та ліпідів, а й більшість органічних сполук, притаманних рослинному світу. Завдяки своєму багатогранному та багатому хімічному складу, соя активно використовується як продовольча, фуражна та олійна культура, демонструючи при цьому високу продуктивність та якісні характеристики, що часто перевершують інші рослинні джерела.

В теперішній час площі під соєю в Україні більше 2,0 млн. га. Площі посіву сої за п'ять років поступово зростали з 1,35 млн. га у 2020 році, до 2,0 млн. га у 2025 році. Тобто, за останні 5 років приріст площ, зайнятих посівами сої, склав 48,1%. Найбільшими регіонами за площею посівів сої у 2024 році стали: Хмельницька - 215 тис. га, Сумська - 196 тис. га, Полтавська - 191,6 тис. га, Вінницька - 168,9 тис. га та Житомирська - 160,5 тис. га області. [1]. Фактична урожайність сої коливається від 2,0 до 2,3 т/га, що нижче від її потенціальної продуктивності 3,5-4,0 т/га. Це свідчить про недостатню реалізацію потенціалу цієї культури в умовах як України так і Житомирської області [2]. З огляду на зростаючий попит на цю культуру та щорічне збільшення площ її вирощування, важливим завданням залишається підвищення продуктивності сої шляхом вдосконалення технологій вирощування, впровадження сортозаміни та оновлення сортового складу.

Оптимізація умов росту та розвитку рослин сої та пошук шляхів зменшення впливу природних факторів на її продуктивність є дуже актуальною проблемою. Обрання теми кваліфікаційної роботи зумовлене частково тим, що ці питання залишаються недостатньо дослідженими й вирішеними.

Мета та задачі дослідження. Мета дослідження – в умовах польового досліду визначити вплив регуляторів росту та мінеральних добрив на формування продуктивності сої сорту Калгарі.

Для досягнення поставленої мети потрібно було вирішити такі завдання:

- проаналізувати формування симбіотичного апарату сої та динаміки нагромадження надземної маси культури залежно від застосування мінерального удобрення та регуляторів росту;
- оцінка впливу живлення та регуляторів росту на продуктивність та якісні показники сої;
- розрахувати економічну та енергетичну ефективність використання мінеральних добрив та регуляторів росту при вирощуванні сої.

Об'єкт дослідження - процеси росту, розвитку та формування врожайності сої, а також якісні показники зерна під впливом мінеральних добрив та регуляторів росту рослин.

Предмет дослідження – сорт сої, технологія її вирощування, норми внесення комплексних добрив та регуляторів росту, дерново-підзолистий ґрунт.

Методи дослідження: - польовий, що дозволяє вивчити вплив погодних і агротехнічних умов; - візуальний для спостереження за фенологічними фазами розвитку рослин; - ваговий, який використовується для оцінки біохімічних показників росту, включаючи вміст сухої речовини; - кількісний, необхідний для аналізу густоти посівів, рівня схожості та виживаності рослин; - метод пробного снопа, спрямований на оцінку індивідуальної продуктивності рослин; - лабораторний для визначення якісного складу зерна; - розрахунково-порівняльний, який забезпечує оцінку економічної та енергетичної ефективності застосованих технологій.

Перелік публікацій автора за темою досліджень:

1. Куликівський В. Ефективність застосування добрив та регуляторів росту на особливості формування структури урожаю сої на дерново-підзолистих

грунтах Полісся. / *Сучасні аспекти раціонального землекористування*: збірник тез доповідей Всеукраїнської науково-практичної конференції. Житомир, ПНУ, 6-7 листопада 2025. С.122-127.

2. Довбиш Л., Кравчук М., Куликівський В., Присяжнюк Ю. Вплив системи удобрення на урожайність насіння сої на чорноземах вилугуваних правобережного Лісостепу. / *Сучасні аспекти раціонального землекористування*: збірник тез доповідей Всеукраїнської науково-практичної конференції. Житомир, ПНУ, 6-7 листопада 2025. С.114-117.

3. Дубовенко В., Заріцький М., Куликівський В., Дубовенко І., Нестерчук О. Збалансоване мінеральне живлення як основа одержання високого врожаю ячменю ярого на чорноземі типовому / *Інновації в агропромисловому виробництві* : збірник тез доповідей науково-практичної конференції молодих вчених і здобувачів освіти (м. Житомир, 07 листопада 2024), Житомир : Поліський національний університет. 2024. С. 60-64.

Структура та обсяг кваліфікаційної роботи. Робота викладена на 47 сторінках комп'ютерного тексту, вона містить 8 таблиць, 2 рисунки. Складається зі вступу, 3 розділів, висновків, рекомендацій виробництву та додатків. Список використаної літератури нараховує 44 найменування.

РОЗДІЛ 1.

ПРОДУКТИВНІСТЬ СОЇ ЗА ВИКОРИСТАННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ ТА РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ (огляд літератури)

1.1. Особливості мінерального живлення сої

Соя належить до родини бобових (Leguminosae Juss), підродини метеликових (Papilionaceae L.), роду *Glycine* L., виду соя культурна (*G. max*. Mer. або *G. hispida* Max.) [3]. Вітчизняні науковці виділяють шість підвидів сої: напівкультурний (*gracilis*), індійський (*indica*), китайський (*chinensis*), корейський (*korajensis*), маньчжурський (*manshurica*) та слов'янський (*slavonica*) [3, 4]. Рідним ареалом поширення вважаються Китай і Південно-Східна Азія, які характеризуються надзвичайним різноманіттям форм і сортів сої.

Соя, будучи однією з найбільш вибагливих зернобобових культур, має високі потреби в поживних речовинах, зокрема в азоті. Результативність використання добрив значною мірою залежить від ретельного аналізу агрохімічних показників ґрунту, рівня його зволоженості, особливостей сорту та інших факторів. Отже, під час планування системи удобрення необхідно застосовувати диференційований підхід. Отримання високих урожаїв сої без використання добрив практично неможливе. Показники врожайності цієї культури значною мірою залежать від внесення добрив (приблизно 30 % успіху), вибору сорту (20 %), погодних умов і заходів захисту рослин (по 15 %), а також залишкові 20 % розподіляються між ефективністю родючості ґрунту та якістю його обробітку. [3, 4, 5, 6].

Культура сої характеризується значною потребою в поживних елементах. Згідно з даними [7], для утворення 100 кг зерна сої потрібно 9,3 кг азоту, 1 кг фосфору, 3 кг калію, 2,3 кг кальцію та 1 кг магнію. Дослідження [8] показують, що при врожайності 20 ц/га соя видаляє з ґрунту 144 кг азоту, 32 кг фосфору та 35 кг калію, що еквівалентно 7,2; 1,6 та 1,75 кг на кожні 100 кг зерна відповідно.

Протягом вегетаційного періоду акумуляція поживних елементів соєю відбувається нерівномірно, що дозволяє виокремити три ключові фази за інтенсивністю їх споживання [8]. На початковому етапі розвитку, від появи сходів до ініціації цвітіння, культура акумулює 6-7% азоту, 5-6% фосфору та 7-10% калію від загального обсягу. У другому періоді, що триває від початку цвітіння до фази наливу зерна, спостерігається найінтенсивніше поглинання, яке сягає 58-60% азоту, 60-65% фосфору та 65-70% калію. Третя фаза, яка розпочинається з наливу насіння і продовжується до його повного дозрівання [9], характеризується засвоєнням 30-35% азоту, 30-35% фосфору та 20-25% калію.

Максимальне поглинання азоту відзначається у фази цвітіння та утворення бобів; фосфор інтенсивно засвоюється в період формування бобів; калій активно споживається через 87-95 днів після появи сходів; кальцій – на 70-80-й день, а магній – на 73-80-й день вегетації [2]. Під час стадії утворення бобів концентрація фосфору в надземній біомасі, що становить 0,05 %, вважається мінімальною, 0,25-0,35 % – оптимальною, а 0,60 % – максимальною. Інтенсивність акумуляції невпинно зростає, досягаючи пікових значень у фазу наливу насіння, що за умови високої доступності фосфатів може становити до 0,45 кг/га на добу [5].

Дослідження багатьох науковців свідчать, що в 80 % випадків зміна врожайності сої визначається не лише вмістом фосфору, але й калію. На ґрунтах із недостатнім вмістом фосфору та дуже низькою концентрацією калію спостерігається підвищення врожайності сої за умови збільшення доз калію як на фоні внесення фосфору, так і без нього. Водночас застосування підвищених доз фосфору на фоні низького або нульового рівня калію, навпаки, призводить до зниження врожайності. При внесенні високих доз обох елементів у співвідношенні 1:1 продуктивність сої залишається низькою, що пояснюється лише незначним підвищенням вмісту фосфору в рослинах, тоді як концентрація калію значно зростає. [4].

Подальші спостереження показують, що одночасне застосування фосфорних і калійних добрив у помірних або високих дозах сприяє прискоренню

дозрівання рослин на сім днів порівняно з контрольними зразками без удобрення. При цьому вміст фосфору в рослинах протягом вегетаційного періоду коливається у межах 0,23–0,55 %, а калію – від 0,69 до 1,77 % у перерахунку на суху речовину. Максимальний урожай зерна досягається за умов концентрації фосфору в рослині на рівні 0,35 %, тоді як його подальше зростання супроводжується зниженням врожайності. [3].

У проміжку між появою сходів та початком цвітіння відбувається поступове збільшення вмісту калію в рослинах сої – від 0,3 до 5,7 %. За даними японських дослідників, у стеблах сої міститься близько 4,2 % калію, тоді як у листках – приблизно 2,6 %. У свою чергу, дослідження американських вчених вказують на те, що вміст калію в надземній біомасі коливається в межах 1,2–1,6 %. [10].

На стадії цвітіння концентрація калію у рослинах варіюється в діапазоні від 0,5 до 4,5 %. Під час формування плодів спостерігається зменшення вмісту калію: у листках – від 1,0 до 0,4 %, у стеблах – від 0,8 до 0,3 %, тоді як у насінні його рівень підтримується на позначці 1,6 % [3, 4].

На ранніх етапах вегетації соя абсорбує поживні сполуки, що депонуються в сім'ядолях, і тому не вимагає значного надходження цих елементів із зовнішнього середовища. Проте, до досягнення стадії цвітіння, потреба рослин у поживних елементах істотно зростає. Для ефективного формування врожаю соя, порівняно з іншими бобовими культурами, характеризується високою потребою в азоті [4, 11].

Відповідно до експериментальних даних [11], концентрація азоту (N) в насінні сої на різних етапах його розвитку становить від 6,2 до 6,3 %, у стручках – від 2,45 до 0,88 %, а в стеблах з листками – від 2,42 до 0,44 %. Результати досліджень, проведених в Японії, демонструють зниження вмісту азоту в стручках з 4 до 1 % протягом їх формування [10].

Інтенсивне споживання поживних елементів за відносно помірної продуктивності сої зумовлене тим, що її зерно на 60 % складається з високоенергетичних сполук – жирів та білків. Додатково, азотфіксуючі бактерії

(ризобії) є значними споживачами енергії, утилізуючи таку кількість вуглеводів, якої було б достатньо для синтезу приблизно 6 центнерів зерна з гектара [12].

Застосування азотних добрив у комбінації з інокуляцією сої спричиняє значне зростання відсоткового вмісту азоту в зерні та соломі. При цьому не спостерігається суттєвого впливу на концентрацію фосфору, тоді як вміст більшості інших поживних елементів у зерні та соломі знижується. Зменшення концентрації низки поживних сполук в інокульованих мікроорганізмами рослинах, порівняно з неінокульованими контролями, може бути пояснене значним збільшенням біомаси та врожайності сої, що призводить до так званого ефекту розведення поживних елементів у тканинах рослин [3].

1.2. Вплив регуляторів росту на ріст та розвиток рослин сої

При вирощуванні сільськогосподарських культур необхідно здійснювати управління ростом і розвитком рослин. Сучасний підхід до підвищення продуктивності сої передбачає впровадження енергозберігаючих технологій із використанням регуляторів росту рослин та біопрепаратів. В останній час в сільськогосподарській практиці широко використовуються регулятори росту рослин нового покоління, які мають широкий спектр фізіологічної активності, безпечні для людини і навколишнього середовища. Використання регуляторів росту рослин є важливим способом стабілізації високої урожайності та підвищення якості продукції [13].

На сьогоднішній день в Україні офіційно зареєстровано понад 100 найменувань регуляторів росту рослин (PPR). Регулятори росту рослин являють собою природні або синтетичні низькомолекулярні сполуки, які навіть у мікроконцентраціях здатні суттєво модифікувати фізіологічні процеси у рослинних організмах [15].

Ендогенні PPR, синтезовані безпосередньо у тканинах рослин, відіграють роль ключових координаторів їхньої внутрішньої біологічної активності. До

основних ендогенних регуляторів росту рослин належать фітогормони, зокрема ауксини, гібереліни, цитокініни, абсцизова кислота та етилен. Екзогенні, або синтетичні, РРР – це штучно створені сполуки, що застосовуються ззовні та отримуються шляхом хімічного синтезу або селекції та модифікації природних речовин. Таким чином, наукові дослідження спрямовані на розробку синтетичних аналогів природних регуляторів росту. За своєю функціональною дією такі РРР можуть виступати як інгібіторами, так і стимуляторами розвитку рослин [16].

Категорія регуляторів росту рослин охоплює препарати, розроблені на основі різноманітних активних компонентів, зокрема [16]:

- фізіологічно активних сполук, що є активаторами росту, до яких належать ауксини, гібереліни, цитокініни, етилен, абсцизова кислота, арахідонова кислота, бурштинова кислота, амінофумарова кислота, полісахариди, амінокислоти, вітаміни, а також продукти метаболізму мікроорганізмів (наприклад, препарати Біосил, Регоплант, Етрел, Імуноцитофїт, Кендал, Келпак);

- гумінових кислот та їхніх солей (такі як Гуміфілд, Гумін, Гумісол, Гумістар, Лігногумат);

- поліетиленгліколю (ПЕГ-400, ПЕГ-1500), представлених препаратами Вимпел, Марс-У, Марс-ЕЛ.

Особливо високу фізіологічну активність демонструють препарати, створені на базі фульвових кислот (наприклад, Фульвітал Плюс, Фульвікс, Агріфул).

Різнманіття комбінованих регуляторів росту рослин (РРР) охоплює широкий спектр складу, які включають комплекс різних компонентів, таких як ПЕГ з гуматами, гумінові речовини з мікро- та макроелементами, амінокислоти з мікро- і макроелементами, а також комбінації вітамінів, амінокислот, полісахаридів і гумінових кислот (наприклад, Віва). Зустрічаються також

формули із фітогормонами, гуміновими та фульвокислотами, доповнені вітамінами (наприклад, Вермістим) [4].

Застосування цих препаратів здійснюється у мінімальних концентраціях, які зазвичай вимірюються мілілітрами або грамами на тонну насіннєвого матеріалу чи гектар посівної площі. Типові дози внесення, особливо при обробці насіння, становлять 15–25 мл (г) на тонну насіння, а для обробки посівів – 10–20 мл (г) на гектар. Ці норми коригуються залежно від агрохімічних характеристик ґрунту, обраної технології вирощування та біологічних особливостей конкретної культури [4, 16].

Ефективність регуляторів росту рослин (РРР) значною мірою визначається обраним методом внесення, що включає як передпосівну обробку насіння, так і позакореневе обприскування посівів. Зазначені біологічно активні речовини застосовують не лише для інкрустації насіння, але й для позакореневого внесення під час критичних фенофаз розвитку рослин, особливо в періоди дефіциту поживних елементів або стресових умов вирощування. Для культури сої такими визначальними стадіями є бутонізація та цвітіння. Рекомендовано інтегрувати обприскування посівів РРР із застосуванням пестицидів, а також рідких комплексних добрив та мікроелементів у складі бакових сумішей [8].

За результатами численних досліджень, проведених у різних наукових установах, найвищу результативність демонструє комбіноване використання мікробіологічних препаратів та РРР як при передпосівній обробці насіння, так і при обприскуванні посівів сої. Так, використання препарату «Ризогумін» забезпечила збільшення врожайності на 2,0 ц/га порівняно з контрольним варіантом, а препарат «Стимпо» – на 2,2 ц/га. Найбільший приріст продуктивності, що становив 4,0 ц/га, було зафіксовано при сумісному застосуванні цих препаратів перед висівом сої [17].

Суттєвий вплив на підвищення врожаю сої також виявлено при використанні «Ризогуміну» для обробки насіння та «Біолану» для обприскування посівів, що зумовило приріст врожайності до 3,3 ц/га. Дослідники також акцентують увагу на значному покращенні врожайності внаслідок поєднання регуляторів росту, таких як «Біоагростим-екстра» або «Біолан», із біопрепаратом «Ризоторфін» [18].

Експериментально доведено високу дієвість РРР «Радостим», «Біосил» та «Регоплант» при передпосівній обробці насіння сої, оскільки їхнє використання сприяло зниженню інтенсивності ураження рослин бактеріальними хворобами та одночасно підвищенню продуктивності культури [19].

Разом із підвищенням урожайності на 13–18%, застосування регуляторів росту сприяє збільшенню вмісту білка та жиру в зерні сої. Встановлено, що регулятори росту позитивно впливають на симбіотичну азотфіксацію в системі взаємодії бульбочкових бактерій і бобових культур. Препарати Стимпо та Біосил стимулюють формування бульбочок на коренях рослин і покращують роботу симбіотичного апарату сої, посилюючи азотфіксуючу активність у 1,5 раза. Це, своєю чергою, забезпечує зростання врожайності та збору протеїну [20].

Під впливом біостимуляторів на 15–20% зростає кількість бобів на одній рослині, а також висота їхнього прикріплення. Дослідження, проведені багатьма науково-дослідними установами, довели, що спільне використання регуляторів росту та протруйників насіння дозволяє зменшити норми витрат останніх на 20–30% без зниження ефективності захисту. Крім того, залежно від типу протруйника і стану посівного матеріалу, регулятори росту підвищують польову схожість насіння на 2–7%. Це дозволяє заощаджувати від 5 до 18 кг насіння на кожен гектар зернових культур. Завдяки своїй дії регулятори росту також забезпечують захист сходів від весняних заморозків [21].

Частка витрат на використання регуляторів росту рослин у загальних витратах на вирощування продукції становить 0,39% при обприскуванні посівів та 0,10% при обробці насіння [22].

Фахівці Інституту захисту рослин НААН провели дослідження щодо застосування певних регуляторів росту рослин під час передпосівної обробки насіння та обприскування рослин сої. Проведені дослідження виявили, що препарат Гуміфілд позитивно впливав на всі фізіологічні процеси росту та розвитку рослин сої. Його застосування сприяло покращенню схожості насіння, стимулювало формування корневих бульбочок шляхом активації аборигенної ризобіальної мікрофлори, а також підвищувало резистентність рослин до патогенів. Комплексний вплив цих факторів зумовив суттєве зростання продуктивності сої, в результаті чого її врожайність у дослідних варіантах із Гуміфілдом збільшилася на 2,0–2,2 т/га, що еквівалентно 52,6–57,9% [23].

В окремому експерименті регулятори росту рослин, такі як Гуміфілд, Фульвітал Плюс, Стимпо та Регоплант, застосовувалися шляхом обприскування посівів сої в бакових сумішах із фунгіцидом Амістар Екстра 280 SC. При цьому норма витрати фунгіциду була зменшена на 33% до мінімально рекомендованого рівня [24].

Отримані експериментальні дані підтвердили, що біостимулятори в складі бакових сумішей з фунгіцидом ефективно стримували розвиток домінантних патологій сої, таких як пероноспороз, альтернаріоз та фузаріозне в'янення. Найвищу ефективність проти альтернаріозу продемонструвала комбінація Амістар Екстра 280 SC, к. с., 0,5 л/га + Гуміфілд, 100 г/га, тоді як проти пероноспорозу та фузаріозного в'янення оптимальною виявилася суміш Амістар Екстра 280 SC, к. с., 0,5 л/га + Стимпо, 20 мл/га [25].

Застосування регуляторів росту в комбінації з фунгіцидом забезпечило суттєве збільшення врожайності сої на 21,5–40,5% порівняно з контрольним

варіантом. Натомість, при самостійному використанні фунгіциду за стандартної норми витрати зростання врожаю фіксувалося виключно у варіантах із гуміновими препаратами Гуміфілд та Фульвітал Плюс [3].

Дослідження ефективності застосування регуляторів росту рослин у культурі сої свідчать про суттєве підвищення врожайності. Зокрема, для сорту Устя найвищий приріст (0,34 т/га) було зафіксовано при використанні препарату Агростимулін, тоді як Емістим С забезпечив збільшення на 0,13 т/га [14]. Результати досліджень, проведених О. І. Поляковим, вказують на позитивний вплив препаратів Біосил та Біолан на урожайність різних сортів сої: для сорту Спринт приріст становив 0,11 т/га, для Маші – 0,06 т/га, для Седмиці – 0,08 т/га, а для Лари – 0,18 т/га [26].

В умовах східного Лісостепу України вивчення дії регулятора росту Вермістим продемонструвало збільшення урожайності сорту Романтика на 0,30 т/га порівняно з контролем, а сорту Аннушка – на 0,28 т/га. Комбіноване застосування цього препарату з Ризобофітом забезпечило ще більший ефект – 0,48 т/га та 0,50 т/га відповідно [24].

Експерименти, проведені в Інституті зрошуваного землеробства НААН за умов зрошення, показали, що стимулятор росту Мегафол сприяв підвищенню врожайності сортів сої Аратта і Софія на 0,31 т/га та 0,40 т/га відповідно. Водночас застосування Гуміфілду виявилось менш ефективним, забезпечивши приріст у 0,18 т/га та 0,12 т/га для цих сортів [26].

Крім безпосереднього впливу на кількісні показники врожайності, зазначається також позитивний ефект регуляторів росту на ключові фізіологічні процеси, зокрема на функціонування симбіотичного апарату, збільшення кількості бобів і насінин, а також на висоту прикріплення нижнього бобу [21]. Зважаючи на постійне виведення нових сортів сої, актуальною залишається

потреба у поглибленому вивченні ефективності застосування регуляторів росту рослин у специфічних ґрунтово-кліматичних умовах.

Наукові дослідження, проведені вченими на експериментальному полі Харківського національного аграрного університету ім. В.В. Докучаєва, підтвердили позитивний вплив регуляторів росту на польову схожість насіння. Зокрема, максимальний показник польової схожості (76,5-79,3%) було зафіксовано за умов інтегрованого застосування інокулянту Ризобофін та регулятору росту Вермістим на фоні зрошення. Використання регулятора росту в комплексі з біопрепаратом сприятливо позначилося на виживаності рослин, підвищивши її на 1,0-3,6% для сорту Романтика та на 1,5-4,2% для сорту Аннушка [26].

Дослідженнями також встановлено позитивний вплив регуляторів росту на формування площі листової поверхні досліджуваних сортів сої та ефективність фотосинтетичних процесів. Це, своєю чергою, позначилося на підвищенні продуктивності. На контрольних ділянках урожайність становила 1,33 т/га для сорту Романтика та 1,39 т/га для сорту Аннушка. Застосування Вермістиму обумовило зростання врожайності на 0,28-0,3 т/га залежно від сорту. Максимальний рівень урожайності, що сягнув 1,81 т/га для сорту Романтика та 1,89 т/га для сорту Аннушка, було отримано при сумісному використанні Ризобофіну та Вермістиму [27].

Аналогічно, дослідження, проведені Т.П. Шепіловою протягом 2017-2018 рр. на експериментальній ділянці Центральноукраїнського національного технічного університету, підтвердили позитивний вплив регуляторів росту на врожайність сої. Зокрема, препарат Вимпел у дозі 0,5 кг/т забезпечив середню врожайність 2,12 т/га за роки досліджень, що на 0,19 т/га перевищує показники контролю. Комплексне застосування Вимпелу та Ризогуміну зумовило найвищий показник урожайності – 2,31 т/га [28, 29].

В Україні досягнуто значних успіхів у вирішенні низки технологічних питань, пов'язаних із застосуванням регуляторів росту в посівах сільськогосподарських культур, завдяки працям численних науковців та дослідників. Паралельно з цим, прогрес у галузях біології та хімії сприяє розробці нових високоефективних препаратів, які вимагають ретельної наукової верифікації у різноманітних ґрунтово-кліматичних умовах. Відтак, вивчення дії регуляторів росту та їх комбінації з мінеральними добривами в умовах господарств зони Полісся України є надзвичайно актуальним.

РОЗДІЛ 2.

УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Місце та умови проведення досліджень.

Місце проведення досліджень. Експериментальну частину роботи з вивчення продуктивності сої залежно від мінеральних добрив та регуляторів росту проводили в умовах ТОВ «Джіфлайт» Житомирського району Житомирської області.

Дослідження проводилися на дерново-підзолистих супіщаних ґрунтах. Дерново-підзолистий супіщаний ґрунт характеризувався такими показниками орного шару ґрунту 0-20 см: вміст гумусу становив від 1,27 до 1,30%, обмінна кислотність ґрунту $pH_{\text{сол.}} = 5,6-5,8$, вміст лужногідролізованого азоту становив 55,2-62,3 мг/кг ґрунту, доступного фосфору P_2O_5 – 116-133 мг/кг, обмінного калію K_2O – 148-169 мг/кг ґрунту.

2.2. Програма та методика проведення досліджень.

Мета та завдання дослідження. Мета дослідження – в умовах польового досліді визначити вплив регуляторів росту та мінеральних добрив на формування продуктивності сої сорту Калгарі.

Для досягнення поставленої мети потрібно було вирішити такі завдання:

- проаналізувати формування симбіотичного апарату сої та динаміку нагромадження надземної маси культури залежно від застосування мінерального удобрення та регуляторів росту;
- оцінити вплив живлення та регуляторів росту на продуктивність та якісні показники сої;
- розрахувати економічну та енергетичну ефективність використання мінеральних добрив та регуляторів росту при вирощуванні сої.

Таблиця 2.1.

Схема досліду

Варіанти удобрення	Терміни внесення
$N_0P_0K_0$	Контроль
$N_7P_{21}K_{21}$	100 кг добрива під час посіву
$N_0P_0K_0$ + Гумат Форте	Контроль + позакореневе підживлення регулятором росту у фазу 4-6 листків та фазу бутонізації (1 л/га)
$N_7P_{21}K_{21}$ + Гумат Форте	100 кг добрива під час посіву + позакореневе підживлення регулятором росту у фазу 4-6 листків та фазу бутонізації (1 л/га)

Добрива вносили при посіві в рядки. Використовували комплексне добриво NPK+S+Zn (азот (N), загальний - 7%, п'ятиокис фосфору (P_2O_5), загальний - 21%, оксид калію (K_2O), розчинний у воді - 21%, триоксид сірки (SO_3), розчинний у воді - 10%, цинк (Zn), загальний - 0,05%) виробництва ELIXIR ZORKA, Сербія.

Позакореневе підживлення рослин сої проводили в фазу 4-6 листків та фазу бутонізації регулятором росту «Гумат Форте» від ТОВ науково-виробничої компанії «*LEAF FORTE*». Склад регулятора росту: солі гумінових кислот (від органічної речовини) 75%, солі фульвових кислот (від органічної речовини) 13%, органічні речовини 80%, органічний калій 30 г/л, амінокислоти 100 г/л, мікроелементи 3% [30] (норма внесення 1 л/га).

Позакореневе підживлення проводили агродроном *Dji agras t30*, ширина захвату 8,5 метрів.

Технологія вирощування сої – загальноприйнята для регіону. Облік урожайності проводили комбайном *Claas dominator 38* в фазу повної стиглості.

Під час збирання урожаю з кожної облікової ділянки відбирали пробні снопи для визначення структури врожаю. Визначення врожайності сої здійснювалося методом суцільного збирання, а зерно з кожної ділянки зважували окремо.

Методологія проведення досліджень. Закладання та виконання польових дослідів, відбір ґрунтових і рослинних зразків, а також їх підготовка до аналізу проводилися відповідно до методичних рекомендацій та чинних державних стандартів (ДСТУ). Спостереження за ростом і розвитком рослин, а також облік урожаю здійснювали згідно з затвердженими методиками та рекомендаціями наукових досліджень [31]. Аналіз ґрунтових і рослинних зразків проводився в сертифікованій вимірювальній лабораторії Поліського національного університету.

Відбір проб зерна для визначення маси 1000 зерен, вмісту білка, вмісту олії здійснювався згідно ДСТУ та сертифікованими методиками [32],.

Протягом вегетаційного періоду виконували біометричні заміри висоти рослин і спостереження за фазами їхнього розвитку. Моніторинг проводився на 20 постійно закріплених рослинах у двох несуміжних повтореннях.

Розрахунок економічної та енергетичної продуктивності вирощування сої здійснювався за сучасними загальновизнаними методиками. Енергетичну ефективність окремих елементів технології вирощування оцінювали відповідно до рекомендацій О.К. Медведовського і П.І. Іваненка. [33].

Економічний аналіз проводили на основі розробленої технологічної карти вирощування сої із врахуванням цін станом на 01.12.2024 рік. Обробка експериментальних даних виконувалася за стандартними методами дисперсійного аналізу. [34].

РОЗДІЛ 3

ФОРМУВАННЯ УРОЖАЮ І ЯКОСТІ СОЇ ЗАЛЕЖНО

ВІД УДОБРЕННЯ ТА РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ

(Експериментальна частина)

3.1. Формування густоти стояння і висоти рослин залежно від внесення добрив та регуляторів росту

Високий рівень продуктивності посівів сої може бути досягнутий лише за умови раціонального поєднання густоти стояння рослин на одиницю площі та їх індивідуальної продуктивності. Соеві рослини, завдяки своїм біологічним особливостям, характеризуються високими потребами у волозі та світлі, що дозволяє їм повністю реалізувати потенціал урожайності виключно за оптимальної густоти посіву, достатнього рівня зволоження і належного забезпечення поживними речовинами. Ці чинники безпосередньо впливають на ступінь облистяності, інтенсивність фотосинтетичної активності, а також на кількість і якість отриманого врожаю [35].

Важливим показником, який визначає стан посівів культурних рослин, є густота стояння і збереженість рослин до збирання. Вони залежать насамперед від якості насіння, агротехніки та метеоумов.

Отримані дані за 2024–2025 рр. підтверджують доцільність застосування комплексного удобрення та гумінових препаратів у технології вирощування сої для формування оптимальної густоти посіву та стабільної продуктивності агроценозу (табл. 3.).

У контрольному варіанті без внесення добрив ($N_0P_0K_0$) густота сходів становила 72,3 шт./м², а до фази повної стиглості збереглося 63,7 шт./м² рослин, що відповідає рівню збереженості 88,1 %. Застосування мінеральних добрив у нормі $N_7P_{21}K_{21}$ сприяло підвищенню густоти сходів до 75,2 шт./м², що на 2,9 шт./м² більше порівняно з контролем, а густота рослин у фазу повної стиглості зросла до 68,8 шт./м². Рівень збереженості рослин за внесення $N_7P_{21}K_{21}$ становив

91,5 %, що свідчить про позитивний вплив збалансованого мінерального живлення на життєздатність рослин сої протягом вегетації.

Таблиця 3.1

Густота стояння рослин сої залежно від використання добрив та регуляторів росту (шт./м²), середнє за 2024-2025 рр.

Варіанти удобрення	Густота сходів рослин, шт./м ²	Густота рослин в фазу повної стиглості, шт./м ²	Збереженість рослин, %
N ₀ P ₀ K ₀	72,3	63,7	88,1
N ₇ P ₂₁ K ₂₁	75,2	68,8	91,5
N ₀ P ₀ K ₀ + Гумат Форте	74,8	67,4	90,1
N ₇ P ₂₁ K ₂₁ + Гумат Форте	77,6	72,1	92,9

Використання регулятора росту Гумат Форте на фоні без добрив (N₀P₀K₀ + Гумат Форте) забезпечило збільшення густоти сходів до 74,8 шт./м² та густоти рослин у фазу повної стиглості до 67,4 шт./м². Збереженість рослин у цьому варіанті становила 90,1 %, що на 2,0 % більше порівняно з абсолютним контролем.

Найкращі показники густоти стояння та збереженості рослин були зафіксовані у варіанті поєднання мінеральних добрив із Гумат Форте (N₇P₂₁K₂₁ + Гумат Форте), де густота сходів досягла 77,6 шт./м². У фазу повної стиглості в цьому варіанті збереглося 72,1 шт./м² рослин, а збереженість становила 92,9 %, що є максимальним значенням серед усіх досліджуваних варіантів.

Отже, поєднання мінерального живлення з регулятором росту має синергічний ефект, покращуючи як початкову густоту сходів, так і виживання рослин до кінця вегетації.

Формування стійкого виробництва зерна залежить від різних факторів та умов. Фізіологічно активні речовини, що використовуються в сільському виробництві, дозволяють прискорити проростання насіння, впливають на темпи

росту і розвитку рослин, що сприяють збільшенню урожайності при мінімальних затратах праці і засобів [36].

На розвиток рослин сої впливають різні фактори: сортові особливості, ґрунтові та погодні умови, технологія вирощування. [3, 4, 35]

Внесення добрив та обприскування посівів сої регулятором росту стимулювали ростові процеси рослин. Встановлено, що в усіх варіантах дослідження та регулятори росту мали позитивний вплив на два ключові морфологічні показники рослин сої: висоту рослин та висоту прикріплення нижнього боба, що визначають насіннєву продуктивність культури (табл. 3.2).

Таблиця 3.2.

Висота рослин сої залежно від використання добрив та регуляторів росту, см, середнє за 2024–2025 рр.

Варіанти удобрення	Фази та періоди росту і розвитку рослин сої		
	початок цвітіння	формування бобів	налив зерна
$N_0P_0K_0$	46,4	68,3	78,2
$N_7P_{21}K_{21}$	51,4	72,1	84,8
$N_0P_0K_0$ + Гумат Форте	49,2	70,5	80,4
$N_7P_{21}K_{21}$ + Гумат Форте	55,4	75,7	88,6

У контрольному варіанті без внесення добрив ($N_0P_0K_0$) висота рослин на початку цвітіння становила 46,4 см, у фазу формування бобів – 68,3 см, а під час наливу зерна – 78,2 см. Застосування мінеральних добрив у нормі $N_7P_{21}K_{21}$ забезпечило істотне посилення ростових процесів, у результаті чого висота рослин на початку цвітіння зросла до 51,4 см, що на 5,0 см більше порівняно з контролем. У фазу формування бобів за внесення $N_7P_{21}K_{21}$ висота рослин досягла 72,1 см, а в період наливу зерна – 84,8 см, що свідчить про пролонговану дію мінерального живлення на інтенсивність росту сої.

Використання регулятора росту Гумат Форте на фоні без добрив ($N_0P_0K_0$ + Гумат Форте) сприяло підвищенню висоти рослин до 49,2 см на початку цвітіння, 70,5 см у фазу формування бобів та 80,4 см під час наливу зерна. Порівняно з абсолютним контролем, застосування Гумат Форте забезпечило приріст висоти рослин на 2,8–3,1 см у різні фази розвитку, що вказує на активізацію фізіолого-біохімічних процесів росту.

Найвищі показники висоти рослин сої зафіксовані у варіанті поєднання мінеральних добрив із регулятором росту ($N_7P_{21}K_{21}$ + Гумат Форте), де висота на початку цвітіння становила 55,4 см. У фазу формування бобів рослини в цьому варіанті досягали 75,7 см, а в період наливу зерна – 88,6 см, що на 10,4 см перевищує контрольний варіант.

Таким чином, застосування мінеральних добрив у поєднанні з Гумат Форте є ефективним агротехнічним прийомом для формування оптимальної висоти рослин сої, що є важливою передумовою підвищення продуктивності культури.

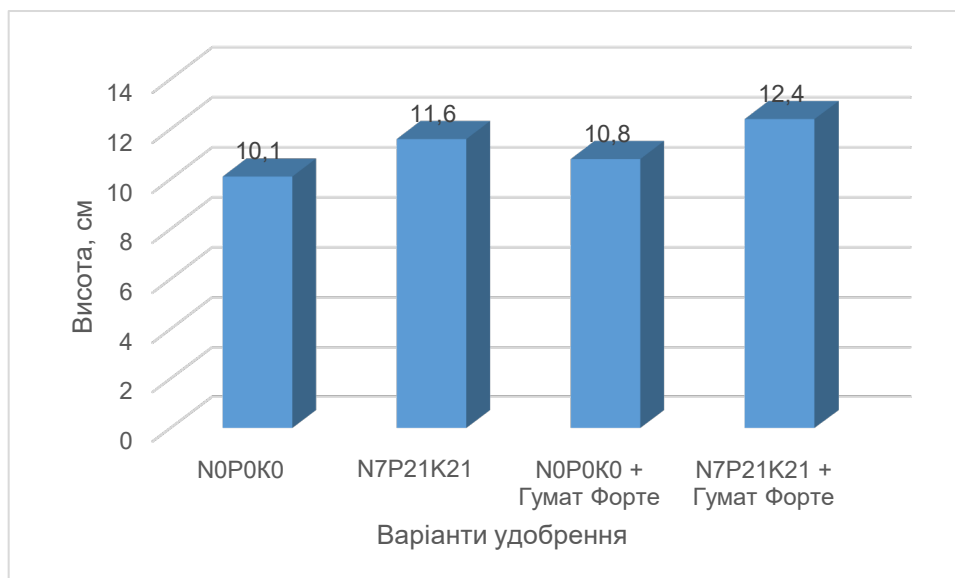


Рис. 3.1. Показники прикріплення нижнього боба (середнє за 2024-2025 рр.), см.

Висота прикріплення нижнього боба – важливий показник, який характеризує технологічність сорту. Цей показник має велике агротехнічне

значення, оскільки чим вище прикріплений нижній біб, тим менші втрати врожаю під час збирання культури. На контрольному варіанті висота прикріплення нижнього боба становила 10,1 см. При внесенні комплексного мінерального добрива $N_7P_{21}K_{21}$ підвищується цей показник до 11,6 см (різниця +1,5 см). Проведення позакореневого підживлення регулятором росту "Гумат Форте" на варіанті без добрив незначно підвищує висоту прикріплення до 10,8 см.

Максимальна висота прикріплення нижнього боба спостерігається при застосуванні $N_7P_{21}K_{21}$ + Гумат Форте – 12,4 см.

Отже, найкращий результат досягається при комплексному використанні NPK та Гумат Форте, що важливо для механізованого збирання врожаю.

Соя – бобова культура, насіння якої може містити від 35 до 45% білку від загальної маси. А так як для утворення білка азот є одним із важливих елементів, то це пояснює потребу сої в значній кількості доступного азоту. Зв'язаний азот в ґрунті утворюється в результаті симбіотичної і асоціативної азотфіксації, надходить з опадами і внесенням добрив. Для активної симбіотичної діяльності кожному виду бобових рослин потрібні свої певні бактерії. Для сої такою бактерією є *Bradyrhizobium japonicum*. [3, 4, 23]

Активність азотфіксації в посівах бобових культур пов'язана з рядом факторів: ґрунтово-кліматичних умов, сортових особливостей, агротехнічних прийомів, але перш за все – від вологості ґрунту, оскільки бульбочкові бактерії слабо розмножуються при нестачі вологи [23, 37].

В наших дослідженнях визначали масу бульбочок на коренях рослин в залежності від мінеральних добрив та регуляторів росту рослин. Достатність бульбочок для активної азотфіксації можна оцінити за їх масою. Дані про вплив внесення мінеральних добрив та проведення позакореневого підживлення регулятором росту Гумат Форте на масу сирих бульбочок за роками досліджень представлені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3.

Маса сирих бульбочок на коренях сої від використання добрив та регуляторів росту, г, середнє за 2024–2025 рр.

Варіанти удобрення	Фази та періоди росту і розвитку рослин сої		
	гілкування	цвітіння	утворення бобів
$N_0P_0K_0$	5,4	12,2	19,0
$N_7P_{21}K_{21}$	8,4	16,9	24,4
$N_0P_0K_0$ + Гумат Форте	5,8	12,6	21,6
$N_7P_{21}K_{21}$ + Гумат Форте	9,4	20,1	27,0

У контрольному варіанті без внесення добрив ($N_0P_0K_0$) маса сирих бульбочок становила 5,4 у фазу гілкування, 12,2 у фазу цвітіння та 19,0 у період утворення бобів. Застосування мінеральних добрив у нормі $N_7P_{21}K_{21}$ забезпечило істотне зростання показників у всі фази розвитку: до 8,4 у фазу гілкування, 16,9 – у фазу цвітіння та 24,4 – у фазу утворення бобів. Порівняно з контролем, приріст становив 3,0; 4,7 та 5,4 одиниці відповідно, що свідчить про активізацію ростових і репродуктивних процесів під впливом оптимального мінерального живлення.

Використання регулятора росту Гумат Форте на фоні без добрив ($N_0P_0K_0$ + Гумат Форте) також позитивно вплинуло на розвиток бульбочок, зокрема у фазу гілкування показник зріс до 5,8, у фазу цвітіння – до 12,6, а в період утворення бобів – до 21,6. Порівняно з абсолютним контролем, застосування Гумат Форте забезпечило помірне, але стабільне підвищення показників, що вказує на стимулюючий вплив гумінових речовин на фізіологічні процеси росту та розвитку сої.

Найвищі значення маси бульбочок на одній рослині в усі фази розвитку були зафіксовані у варіанті поєднання мінерального удобрення $N_7P_{21}K_{21}$ з Гумат Форте, де у фазу гілкування вони становили 9,4, у фазу цвітіння – 20,1, а в період

утворення бобів – 27,0. У цьому варіанті приріст порівняно з контролем досягав 4,0 одиниці у фазу гілкування, 7,9 – у фазу цвітіння та 8,0 – у фазу утворення бобів, що свідчить про виражений синергічний ефект поєднання мінерального живлення та регулятора росту.

Отже, комплексне застосування мінеральних добрив і Гумат Форте забезпечує інтенсивніший розвиток рослин сої на всіх етапах онтогенезу та створює передумови для формування вищої продуктивності культури.

3.2. Вплив використання мінеральних добрив та регуляторів росту на показники структури врожаю сої

Індивідуальна продуктивність окремих рослин розглядається як один із ключових детермінантів реалізації потенціалу продуктивності сої. Цей критерій дозволяє оцінити біологічну врожайність агроценозів, що має першочергове значення при прогнозуванні врожаю сільськогосподарських культур [21, 38].

Визначення показників структури врожаю, таких як, густина стояння рослин перед збиранням, маса 1000 насінин, кількість бобів та насіння на рослині та інших, є необхідним для загальної біологічної характеристики і обґрунтування одержаних результатів [3, 12, 39].

Аналіз даних експериментальних досліджень, представлених у таблиці 3.4, демонструє вплив удобрення та регуляторів росту на структурні елементи врожайності сої за усередненими показниками 2024–2025 років.

Аналіз біометричних показників структури врожаю показав, що використання регулятора росту і комплексного добрива суттєво впливало на формування елементів насіннєвої продуктивності. Ці речовини стимулювали утворення бобів, формування насіння в бобі і підвищували їх масу з однієї рослини. За даними досліджень встановлено, що внесення мінеральних добрив та обробка стимуляторами росту мали позитивний вплив на індивідуальну продуктивність рослин.

Таблиця 3.4.

Оцінка впливу комплексного добрива та стимулятора росту на елементи структури врожаю сої (2024-2025 рр.)

Варіант	Маса, г		Кількість на рослині, шт.		
	насінин з однієї рослини	1000 насінин	гілок	вузлів, що плодоносять	бобів
N ₀ P ₀ K ₀	8,15	113,62	2,70	17,10	45,1
N ₇ P ₂₁ K ₂₁	11,36	119,05	3,10	21,90	50,1
N ₀ P ₀ K ₀ + Гумат Форте	10,49	115,91	2,90	20,50	48,4
N ₇ P ₂₁ K ₂₁ + Гумат Форте	12,37	122,83	3,30	23,80	55,2

Всі варіанти із застосуванням добрив та стимулятором росту значно покращують продуктивність рослин сої порівняно з контрольним варіантом (N₀P₀K₀). Найвищі показники елементів структури врожаю були досягнуті при комбінованому використанні мінеральних добрив та "Гумат Форте". Використання лише регулятора росту "Гумат Форте" дає кращі результати, ніж повна відсутність удобрення.

Маса насінин з однієї рослини на контрольному варіанті становила 8,15 г. При внесенні при посіві N₇P₂₁K₂₁ маса насінин з однієї рослини уже збільшилася на 39,4%, або 11,36 г в порівнянні з контрольним варіантом. На варіанті 3 (N₀P₀K₀ + Гумат Форте) підвищення маси зерна з однієї рослини становило 10,49 г, або на 28,7% порівняно з контролем. За проведення комплексного використання удобрення та регулятора росту (N₇P₂₁K₂₁ + Гумат Форте) маса насіння сої з однієї рослини становила 12,37 г, що на 51,8% вище, ніж на контролі.

Маса 1000 насінин на контрольному варіанті становила 113,62 г. Всі варіанти удобрення збільшують цей показник, причому різниця між варіантами відносно невелика (від 115,91 г до 122,83 г).

Показник кількості гілок та вузлів демонструє сильну залежність від інтенсивності живлення. Чим краще удобрення, тим більш розгалуженою є рослина і тим більше у неї плодоносних вузлів.

Ключовим показником потенційної врожайності є кількість бобів на одній рослині. На контрольному варіанті кількість бобів на одній рослині була 45,1 шт. Найбільша кількість бобів спостерігалася на варіанті $N_7P_{21}K_{21}$ + Гумат Форте - 55,2 шт.

Отримані результати свідчать про чітко виражений синергічний ефект поєднання комплексного мінерального удобрення зі стимулятором росту, що забезпечує інтенсивніше гілкування, формування більшої кількості плодоносних вузлів і бобів та кращий налив насіння.

Таким чином, застосування $N_7P_{21}K_{21}$ у поєднанні з Гумат Форте є найбільш ефективним агротехнічним прийомом для оптимізації структури врожаю сої та підвищення її потенційної врожайності.

3.3. Урожайність сої залежно від внесення регуляторів росту та мінеральних добрив.

Використання добрив і стимуляторів росту є одним із найдієвіших способів покращення врожайності сої. Наукові дослідження показують, що оптимізована система удобрення, яка враховує потреби рослин у поживних речовинах на різних етапах їх розвитку, здатна забезпечити максимальні результати. Зокрема, важливу роль відіграють мікроелементи, завдяки яким врожайність може збільшитися на 15–24% [26].

Результати досліджень свідчать, що застосування мінеральних добрив і стимулятора росту суттєво впливало на рівень урожайності зерна сої (табл. 3.5).

У контрольному варіанті без внесення добрив ($N_0P_0K_0$) середня врожайність за 2024–2025 рр. становила 2,01 т/га. (табл. 3.5.).

Таблиця. 3.5.

Урожайність зерна сої залежно від внесення використання мінеральних добрив та стимуляторів росту, т/га, (середнє за 2024-2025 рр.)

Варіанти дослідів	Урожайність середня, т/га	Приріст	
		т/га	%
$N_0P_0K_0$	2,01	—	—
$N_7P_{21}K_{21}$	2,49	0,48	23,88
$N_0P_0K_0$ + Гумат Форте	2,12	0,11	5,47
$N_7P_{21}K_{21}$ + Гумат Форте	2,67	0,66	32,84
$НІР_{05}$	0,13		

Внесення мінеральних добрив у нормі $N_7P_{21}K_{21}$ забезпечило підвищення врожайності до 2,49 т/га, що на 0,48 т/га, або 23,88 %, більше порівняно з контролем. Це свідчить про позитивний вплив мінерального живлення на формування продуктивності сої.

Застосування стимулятора росту Гумат Форте на фоні без добрив ($N_0P_0K_0$ + Гумат Форте) сприяло незначному підвищенню врожайності до 2,12 т/га. Приріст урожаю становив 0,11 т/га, або 5,47 % відносно контролю, що вказує на помірну ефективність стимулятора за умов недостатнього мінерального живлення.

Найвищу врожайність зерна сої – 2,67 т/га – отримано за поєднання мінеральних добрив у нормі $N_7P_{21}K_{21}$ зі стимулятором росту Гумат Форте. Приріст урожайності у цьому варіанті становив 0,66 т/га, або 32,84 % порівняно з контролем.

Згідно з показником $НІР_{05}$ (0,13 т/га), різниця між контрольним варіантом і варіантами з внесенням мінеральних добрив, а також між фонами із застосуванням стимулятора росту, є статистично достовірною.

Отже, використання мінеральних добрив у поєднанні зі стимулятором росту є ефективним агротехнічним прийомом підвищення врожайності сої в умовах досліджу.

3.4. Вплив удобрення та регуляторів росту на якість насіння сої

Ефективність системи удобрення визначається насамперед їхнім впливом на якість одержаної сільськогосподарської продукції. Тому систему удобрення слід розглядати не тільки як спосіб покращення врожайності, але й як вагомий чинник, що впливає на регуляцію якості врожаю. Якість сільськогосподарської продукції є комплексним показником, який охоплює вміст органічних сполук, таких як білки, вуглеводи, жири і вітаміни, визначаючи її поживну цінність. До того ж враховується збалансованість за макро- і мікроелементами, а також технологічні характеристики продукції. [11, 19, 20].

Формування насіння зі значним вмістом легкозасвоюваного протеїну в значній мірі залежить від азоту. Соя має здатність засвоювати азот як із ґрунту, так і з атмосфери. Регулюючи умови азотного живлення, можна підвищити рівень білка в зернах на 20–50%. [11, 19, 20].

На рис. 3.2. відображено мінеральних добрив та регулятора росту Гумат Форте на якісні показники насіння сої, зокрема вміст білка та олії, у середньому за роки досліджень.

На варіанті без удобрення ($N_0P_0K_0$) вміст білка в насінні становив 37,9 %, а вміст олії – 16,9 %, що характеризує базовий рівень якості продукції за природного фону живлення. За внесення мінеральних добрив у нормі $N_7P_{21}K_{21}$ сприяло підвищенню вмісту білка до 39,2 %, що на 1,3 % більше порівняно з контролем, а вміст олії зріс до 17,8 %. Підвищення цих показників свідчить про покращення умов азотного та фосфорно-калійного живлення, що позитивно вплинуло на процеси синтезу білкових і жирових сполук у насінні сої.

Використання регулятора росту Гумат Форте на фоні варіанту без добрив забезпечило зростання вмісту білка до 38,7 % та олії до 17,3 %, що перевищує

контрольний варіант. Це вказує на здатність гумінових речовин активізувати фізіолого-біохімічні процеси та покращувати засвоєння елементів живлення навіть за відсутності мінерального удобрення.

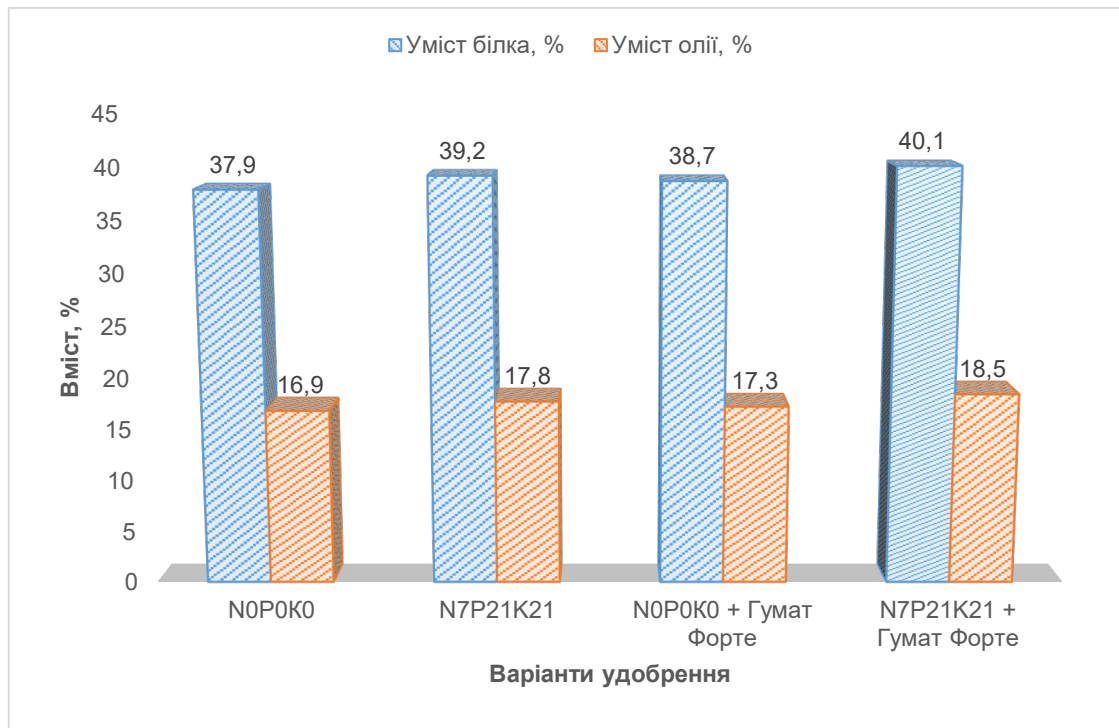


Рис. 3.2. Вплив удобрення та регулятора росту на показники якості зерна сої, середнє за 2024–2025 рр.

Найвищі показники якості насіння були зафіксовані у варіанті поєднання мінеральних добрив у нормі $N_7P_{21}K_{21}$ із Гумат Форте, де вміст білка досяг 40,1 %, а вміст олії - 18,5 %. Порівняно з контролем, у цьому варіанті вміст білка зріс на 2,2 %, а олії – на 1,6 %, що свідчить про чітко виражений синергічний ефект комплексного удобрення та стимулятора росту.

Таким чином, результати досліджень підтверджують, що поєднання $N_7P_{21}K_{21}$ із Гумат Форте є найбільш ефективним агротехнічним прийомом для підвищення не лише врожайності, а й якості насіння сої за показниками вмісту білка та олії.

3.5. Економічна та енергетична оцінка застосування добрив та регуляторів росту при вирощуванні сої

Основоположним завданням аграрного сектору є забезпечення високоефективного та раціонального використання земельних ресурсів, що передбачає стійке нарощування обсягів рослинницької продукції [22, 41, 42].

У сучасних ринкових умовах економіко-енергетична ефективність культивування сільськогосподарських культур набуває статусу ключового фактора їх конкурентоспроможності. Обґрунтування вибору економічно доцільних технологій, що забезпечують оптимальну віддачу від залучених ресурсів, має базуватися на результатах наукових досліджень та всебічного аналізу виробничих процесів [41, 42].

Зазначений підхід сприяє мінімізації виробничих витрат, підвищенню якісних показників продукції та загальній оптимізації ресурсної бази виробництва. З метою обґрунтування найбільш ефективного поєднання агротехнічних заходів, що є об'єктом поточного дослідження, здійснено оцінку економічної ефективності добрив сої. Показники норм виробітку та вартість ручних і механізованих робіт були прийняті до уваги відповідно до чинних нормативно-методичних рекомендацій для виробничої діяльності [42].

Розрахунок економічної ефективності внесення при вирощуванні сої мінеральних добрив та регуляторів росту проводили за цінами, які були сформовані на кінець жовтня 2025 року. В розрахунках, при визначенні вартості валової продукції з 1 га, використовували зерно сої, як основний вид продукції (табл. 3.6).

У таблиці 3.6. відображено економічну ефективність вирощування сої залежно від норм внесення мінеральних добрив та застосування стимулятора росту Гумат Форте. Вартість валової продукції прямо залежала від урожайності, оскільки найвищий показник – 33134,7 грн/га – отримано у варіанті $N_7P_{21}K_{21}$ + Гумат Форте, тоді як мінімальний – 24944,1 грн/га – зафіксовано на контролі.

Витрати на вирощування зростали при застосуванні добрив і стимулятора росту, однак їх підвищення було економічно виправданим, оскільки додаткові витрати компенсувалися значно більшим приростом урожаю. Найбільший чистий прибуток отримано у варіанті з поєднанням мінеральних добрив і Гумат Форте – 18904,7 грн/га, що на 5080,6 грн/га більше порівняно з контролем без добрив.

Таблиця 3.6.

Економічна ефективність вирощування сої залежно від норм внесення добрив та стимуляторів росту (середнє за 2024-2025 роки)

Показники	Варіант досліджу			
	$N_0P_0K_0$	$N_7P_{21}K_{21}$	$N_0P_0K_0 +$ Гумат Форте	$N_7P_{21}K_{21} +$ Гумат Форте
Урожайність, т/га	2,01	2,49	2,12	2,67
Вартість врожаю, грн.	24944,1	30900,9	26309,2	33134,7
Витрати, грн.	11120	13860	11490	14230
Чистий прибуток, грн.	13824,1	17040,9	14819,2	18904,7
Собівартість одного центнера, грн	5532	5566	5420	5330
Рівень рентабельності, %	124,3	123,0	129,0	132,9

Собівартість одного центнера продукції була найнижчою у варіанті $N_7P_{21}K_{21} +$ Гумат Форте (5330 грн), що свідчить про ефективніше використання ресурсів за умов інтенсифікації технології вирощування.

Рівень рентабельності у всіх варіантах перевищував 120 %, проте максимальне значення – 132,9 % – також зафіксовано при сумісному застосуванні мінеральних добрив і стимулятора росту.

Отже, результати досліджень підтверджують, що найбільш економічно доцільним є вирощування сої з внесенням добрив у нормі $N_7P_{21}K_{21}$ у поєднанні з Гумат Форте, оскільки цей варіант забезпечує найвищу урожайність, прибуток і рівень рентабельності.

Сільськогосподарське виробництво потребує дедалі більше енергетичних і матеріальних ресурсів для вирощування культур, що призводить до зростання витрат на одиницю продукції. Для отримання додаткового врожаю потрібно вкладати енергію, яка надходить не тільки з органічних і мінеральних добрив, але й через усі інші фактори родючості, що сприяють росту і розвитку рослин. Сучасне виробництво характеризується високими енерговитратами на техніку, добрива, пестициди та меліорацію, які вже значно перевищують нормативні показники. [41, 43].

У таких умовах питання економії енергії та пошуку альтернативних її джерел набуває особливої актуальності для сталого розвитку землеробства. Рішення цих завдань може забезпечити стабільність прогресу у цьому важливому секторі сільськогосподарського виробництва. З огляду на це, оцінювання будь-яких агротехнічних заходів або систем внесення добрив має спиратися на принципи енергоефективності та раціонального використання ресурсів [23, 44].

В таблиці 3.7. проаналізовані показники енергетичної ефективності вирощування сої за внесення мінеральних добрив та стимуляторів росту рослин.

Таблиця 3.7.

Енергетична ефективність застосування стимуляторів росту та мінеральних добрив при вирощуванні сої

Норми добрив	Урожайність, т/га	Вміст енергії у врожаю, МДж	Затрати енергії на вирощування врожаю, МДж	Чиста енергія МДж	Коефіцієнт енергетичної ефективності
N ₀ P ₀ K ₀	2,01	35557	17662	17895	1,01
N ₇ P ₂₁ K ₂₁	2,49	44049	20185	23864	1,14
N ₀ P ₀ K ₀ + Гумат Форте	2,12	37503	17965	19538	0,97
N ₇ P ₂₁ K ₂₁ + Гумат Форте	2,67	47233	20488	26745	1,49

Найнижчий вміст енергії було зафіксовано на контрольному варіанті, без внесення добрив та стимуляторів росту – 35557 МДж. Відповідно, з підвищенням урожайності сої збільшується вміст енергії у врожаї. Найвищий вміст енергії був на варіанті $N_7P_{21}K_{21}$ + Гумат Форте і становив -47233 МДж.

Витрати енергії в дослідях збільшуються залежно від норм добрив та застосування стимулятора росту. Найменші енергозатрати характерні для контролю – 17662 МДж. Використання добрив підвищує витрати до 20185–20488 МДж, що є закономірним через енергоємність виробництва і внесення мінеральних добрив. Додавання Гумату Форте майже не збільшує енергозатрати порівняно з відповідними варіантами без нього.

Показник чистої енергії демонструє реальний енергетичний ефект технології. На контролі чиста енергія становила 17895 МДж, за внесення лише добрив $N_7P_{21}K_{21}$ - 23864 МДж. На варіанті з використанням стимулятора росту без добрив $N_0P_0K_0$ + Гумат Форте - 19538 МДж, а за комплексного застосування $N_7P_{21}K_{21}$ + Гумат Форте показник чистої енергії був найвищим 26745 МДж.

Найвищий КЕЕ - 1,49 спостерігається при одночасному використанні $N_7P_{21}K_{21}$ та «Гумату Форте», що свідчить про найбільш раціональне використання енергетичних ресурсів у цьому варіанті. На контрольному варіанті коефіцієнт енергетичної ефективності становить - 1,21. Використання лише добрив або лише стимулятора «Гумат Форте» знижує КЕЕ з 0,97 до 0,14, через підвищення витрат енергії. Найнижчий КЕЕ – 0,97 зафіксовано при застосуванні лише «Гумату Форте».

Отже, попри дещо вищі енергозатрати, комплексне застосування добрив і стимулятора забезпечує найвищу чисту енергію та коефіцієнт енергетичної ефективності, що робить цю технологію найбільш доцільною з енергетичної точки зору.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі здійснено теоретичне обґрунтування та практичне розв'язання наукової проблеми, пов'язаної з оптимізацією системи живлення рослин сої за умов її вирощування на дерново-підзолистому ґрунті Житомирської області. Встановлено вплив стимулятора росту та мінеральних добрив на процес формування врожайності сої, що дало змогу сформулювати такі висновки:

1. Внесення мінеральних добрив та стимулятора росту мало суттєвий вплив на густоту стояння та збереженість рослин перед збиранням урожаю. Найкращі показники густоти стояння та збереженості рослин були зафіксовані у варіанті поєднання мінеральних добрив із Гумат Форте ($N_7P_{21}K_{21}$ + Гумат Форте), де густота сходів досягла 77,6 шт./м². У фазу повної стиглості в цьому варіанті збереглося 72,1 шт./м² рослин, а збереженість становила 92,9 %, що є максимальним значенням серед усіх досліджуваних варіантів.

2. Поєднання мінеральних добрив із регулятором росту ($N_7P_{21}K_{21}$ + Гумат Форте), сприяло збільшенню висоти рослин сої. Так, на цьому варіанті висота рослин на початку цвітіння становила 55,4 см. У фазу формування бобів рослини в цьому варіанті досягали 75,7 см, а в період наливу зерна – 88,6 см, що на 10,4 см перевищує контрольний варіант. Максимальна висота прикріплення нижнього боба спостерігається при застосуванні $N_7P_{21}K_{21}$ + Гумат Форте – 12,4 см.

3. Маса бульбочок на одній рослині в усі фази розвитку були найвищою у варіанті комплексного використання $N_7P_{21}K_{21}$ + Гумат Форте, де у фазу гілкування вони становили 9,4, у фазу цвітіння – 20,1, а в період утворення бобів – 27,0. У цьому варіанті приріст порівняно з контролем досягав 4,0 одиниці у фазу гілкування, 7,9 – у фазу цвітіння та 8,0 – у фазу утворення бобів.

4. Всі варіанти із застосуванням добрив та стимулятором росту значно покращують продуктивність рослин сої порівняно з контрольним варіантом ($N_0P_0K_0$). Найвищі показники елементів структури врожаю були досягнуті при комбінованому використанні мінеральних добрив та "Гумат Форте".

Використання лише регулятора росту "Гумат Форте" дає кращі результати, ніж повна відсутність удобрення.

5. Використання мінеральних добрив у поєднанні зі стимулятором росту є ефективним агротехнічним прийомом підвищення врожайності сої в умовах дослідів. За поєднання мінеральних добрив у нормі $N_7P_{21}K_{21}$ зі стимулятором росту Гумат Форте. Приріст урожайності у цьому варіанті становив 0,66 т/га, або 32,84 % порівняно з контролем.

6. Поєднання $N_7P_{21}K_{21}$ із Гумат Форте мало позитивний вплив на показники якості насіння сої. На цьому варіанті вміст білка досяг 40,1 %, що на 2,2 % вище в порівнянні з контролем, а вміст олії - 18,5 % або на 1,6% вище за контрольний рівень.

7. Собівартість одного центнера продукції була найнижчою у варіанті $N_7P_{21}K_{21}$ + Гумат Форте (5330 грн). На цьому варіанті одержано найбільший чистий прибуток – 18904,7 грн/га, що на 5080,6 грн/га більше порівняно з контролем без добрив. Рівень рентабельності у всіх варіантах перевищував 120 %, проте максимальне значення – 132,9 % – також зафіксовано при сумісному застосуванні мінеральних добрив і стимулятора росту

8. Найвищий КЕЕ - 1,49 спостерігається при одночасному використанні $N_7P_{21}K_{21}$ та «Гумату Форте». На контрольному варіанті коефіцієнт енергетичної ефективності становить - 1,01. Найнижчий КЕЕ – 0,97 зафіксовано при застосуванні лише «Гумату Форте».

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

У господарствах різних форм власності Житомирської області, щоб забезпечити врожайність сої сорту Калгарі на рівні 2,67-2,65 т/га з вмістом сирого протеїну в зерні 39,2-40,1% на дерново-підзолистих ґрунтах, рекомендується вносити при посіві комплекс добрив $N_7P_{21}K_{21}$ в нормі 100 кг га та вносити регулятор росту «Гумат Форте» у фазу 4-6 листків та фазу бутонізації в нормі 1 л/га.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. <https://agroreview.com/content/roslyny/ploshhi-posivu-soyi-ukrayini-skorotylysya/>
2. <https://superagronom.com/multimedia/infographics/94-urojay-soyi-za-2024-ta-2023-roki-v-ukrayini-ta-po-vsih-oblastyah>
3. Соя (Glycine max (L.) Merr.) : монографія / В. В. Кириченко, С. С. Рябуха, Л. Н. Кобизєва, О. О. Посилаєва, П. В. Чернишенко. – Х : ФОП Цуварева Н. М., 2016. – 400 с.
4. Заболотний Г.М., Мазур В.А., Циганська О.І., Дідур І.М., Циганський В.І., Панцирева Г.В. Агробіологічні основи вирощування сої та шляхи максимальної реалізації її продуктивності: монографія. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2020. 275 с
5. Novytska, N. V., & Dzhemesiuk, O. V. (2017). Formuvannia urozhainosti soi pid vplyvom inokuliatsii ta pidzhyvlennia. Visnyk Poltavskoi Derzhavnoi Ahrarnoi Akademii, 1–2, 43–47.
6. Бербенець О.В. Світове виробництво сої як невичерпного джерела білків рослинного походження та місце України на світовому ринку торгівлі нею. Агросвіт. 2019. № 10. С.41–45..
7. Адаптивна технологія вирощування сої у Східному Лісостепу України / Є. М. Огурцов, В. Г. Міхєєв, Ю. В. Белінський, І. В. Клименко. Х.: ХНАУ, 2016. 268 с.
8. Дудка А. А., Романько А. Ю., Бруньов М. І. Сучасні рішення для живлення рослин сої в умовах зміни клімату. Кліматичні зміни та сільське господарство. Виклики для аграрної науки та освіти» : матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції, м. Київ, червень 2020 р. Київ, 2020. С. 133–136
9. Шепілова Т. П., Петренко Д. І., Лещенко С. М., Артеменко Д. Ю. Формування продуктивності сої залежно від строків сівби та регуляторів росту рослин. Вісник ПДАА. 2021. № 4. С. 30–35.

10. Pooja, T., Chae-In, N., & Yoonha, K. (2021). Effect of silicon fertilizer treatment on nodule formation and yield in soybean (*Glycine max* L.). *European Journal of Agronomy*, 122.

11. Фурман О. В. Вплив мінеральних добрив та інокуляції на формування індивідуальної та насінневої продуктивності сої в умовах Лісостепу правобережного. *Корми і кормовиробництво*. 2021. № 91. С. 82-92.

12. Чинчик О. С. Вплив способів удобрення на формування структури та врожайності сої (*Glycine max* (L.) Merr.) в умовах Лісостепу Західного. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. Київ, 2016. Вип. 24. С. 35–41.

13. Шепілова Т. П. Вплив регуляторів росту на продуктивність сої в умовах Північного Степу. України. *Вісник ПДАА*. 2019. № 3. С. 80-84.

14. Поляков О. І., Нікітенко О. В. Вплив способів основного обробітку ґрунту та стимуляторів росту на ріст, розвиток, водоспоживання та врожайність сої. *Корми і кормовиробництво*. 2017. Вип. 83. С. 79–84.

15. Ходаніцька О. О. Колісник О. М. Застосування стимуляторів розвитку в практиці рослинництва: Materiály XVI Mezinárodnívědecko – praktickákonference «Modernívymoženostivědy», Volume 10: Praha. Publishing House «Educationand Science», 2020. С. 45-49.

16. <https://propozitsiya.com/articles/tekhnolohiyi-vyroshchuvannya/dopinhdlya-soyi>

17. Козючко А. Г. Ефективність впливу передпосівної обробки насіння метаболічно активними речовинами та регуляторами росту рослин «Вимпел» на асиміляційні процеси сої сорту Аннушка у фазу цвітіння /Korszer űműszerek es algoritmusá tapasztalati es elmeleti tudományos kutatási. Hang SZAKASZVI. BIOLÓGIAI TUDOMÁNYOK. 2020. Budapest, Magyarország. S.82-85.

18. Шепілова Т. П., Петренко Д. І., Лещенко С. М., Скриннік І. О., Артеменко Д. Ю. Ефективність застосування добрив на посівах сої в умовах Північного Степу України. *Вісник ПДАА*. 2021. № 1. С. 37–42.

19. Бобро М. А. Огурцов Є. М., Клименко І. В. Урожайність сої залежно від регуляторів росту і краплинного зрошення в Східному Лісостепу України. Корми і кормовиробництво. 2016. Вип. 82. С. 114-119.

20. Урожайність і якість насіння сільськогосподарських культур за дії регуляторів росту рослин / М. Г. Василенко та ін. Агроекологічний журнал. 2022. № 1. С. 96–101.

21. Григоренко С. В. Біометричні показники сортів сої залежно від застосування добрива, регуляторів росту та вологоутримувача. *Plant varieties studying and protection*. Київ, 2019. Т. 15. № 2. С. 143–154.

22. Заєць С. О., Нетіс В. І. Ефективність застосування біостимуляторів та їх комплексів з мікроелементами, на посівах сої в умовах зрошення. Зрошуване землеробство. 2016. Вип. 66. С. 60–62.

23. Мельник А. В., Романько Ю. О., Романько А. Ю., Білокінь В. О., Кубрак Т. М. Вплив обробки регуляторів росту з антистресовою дією на фотосинтетичну та симбіотичну активність рослин сої в умовах Лівобережного Лісостепу України. Вісник Сумського національного аграрного університету. 2022. № 9 (36). С. 64–68.

24. Міхеєв В. Г. Продуктивність сої залежно від застосування регуляторів росту, десикації та сенікації посівів в умовах лівобережного лісостепу України : дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук, Харківський національний університет ім. В. В. Докучаєва. Харків, 2023 . С. 9–17.

25. Нагорний В. І. Посівні якості та врожайні властивості сої залежно від застосування регуляторів росту і мікродобрив. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Агрономія і біологія. 2014. Вип. 3. С. 123-127.

26. Клименко І. В. Вплив регуляторів росту рослин, мінеральних добрив на врожайність сої залежно від сортів та краплинного зрошення: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук: 06.01.09. Харків, 2016. 20 с.

27. Байда М. П. Особливості формування продуктивності сої під впливом мікродобрив та регуляторів росту. *Аграрні інновації*. 2025. № 30. С. 25–29.

28. Шепілова Т. П. Вплив регуляторів росту та біопрепаратів на продуктивність сої в Степу України. Сучасний стан науки в сільському господарстві та природокористуванні: теорія і практика. 2023 . С.232–235.

29. Заболотний Г. М., Циганський В. І., Циганська О. І. Вплив мінеральних добрив та мікродобрива на формування індивідуальної продуктивності рослин сої в умовах Лісостепу правобережного. *Агробіологія*. Біла Церква, 2015. № 2. С. 130–133.

30. <https://www.leaf-forte.ua/>

31. Мазур В.А., Липовий В.Г., Мордванюк М.О. Методика наукових досліджень в агрономії : навч. Посіб. Вінниця : ТВОРИ. 2020. 204 с

32. Овчарук О.В. Методи аналізу в агрономії та агроекології: навчальний посібник / Овчарук О.В., Овчарук В.І., Овчарук О.В., Хоміна В.Я., Мостіпан М.І., Кулик Г.А. / за ред. професора В.І. Овчарука. - Кам'янець-Подільський, Харків: Мачулин, 2019 - 364 с

33. Медведовський О. К. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві / О. К. Медведовський, П. І. Іваненко. – К. : Урожай, 1988. – 204 с.

34. Дисперсійний і кореляційний аналіз у землеробстві та рослинництві : навчальний посібник / [В. О. Ушкаренко, В. Л. Нікіщенко, С.П. Голобородько, С. В. Коковішін]. – Херсон : Айлант, 2008. – 272 с

35. Інноваційні аспекти технологій вирощування, зберігання і переробки зернобобових культур / Мазур В.А. та ін. Монографія. Вінниця: НіланЛТД, 2021. 180 с.

36. Іващенко О. О. Проблеми стресів у рослин і способи їх подолання. Вісник аграрної науки. 2023 . № 7. С. 27–35.

37. Марчук Ю. М., Кондратюк О. О., Богуславець В. Ю, Ткачук О. О., Шевчук О. А. Аналіз масштабів застосування регуляторів росту стимулюючої дії

в рослинництві. Materials of the XIII international scientific and practical conference «Science without borders – 2018», Sheffield. volume 9, 2018. P.42-45.

38. Пархомець М. К., Гудак В. В. Організаційно-економічний механізм забезпечення дохідності сільськогосподарських підприємств: теорія, методика, практика: монографія. Тернопіль: ТНЕУ, 2014. 256 с.

39. Шевніков М. Я., Міленко О. Г., Лотиш І. І. Урожайність сортів сої залежно від елементів технології вирощування. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2022. № 3. С. 25–32.

40. Жуйков О.Г., Іванів М.О., Марченко Т.Ю., Возняк В.В. Сучасне виробництво сої як елемент розв'язання проблеми харчового білка: світові тренди та вітчизняні реалії. Таврійський науковий вісник. 2020. Випуск 116. Частина 1. С. 54–63

41. Казакова І. В. Економічна та енергетична оцінка ресурсозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур. *Інноваційна економіка: всеукр. наук.-виробн. журнал*. 2012. № 2. С. 113-116.

42. Збарський В. К. Економіка сільського господарства / В. К. Збарський, В. І. Мацибора, А. А. Чалий. – К. : Каравела, 2009. – 264 с.

43. Бойко П. І. Енергетичні засади ефективного використання ресурсів у сільському господарстві / П. І. Бойко, Н. П. Коваленко, В. В. Гангур [та ін.] // Вісник Полтавської державної аграрної академії. – 2010. - № 3. – С. 14-18.

44. Енергетична оцінка агроєкосистем / О. Ф. Смаглій, А. С. Малиновський, А. Т. Кардашов [та ін.]. – Житомир : Волинь, 2004. – 132 с.