МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА

Факультет агрономії
Кафедра агрохімії і ґрунтознавства

**Допущено до захисту**

«____» _____ 2023 р.

Зав. кафедри, к. с.-г. н., доцент

____ Олена ЧЕРНО

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**
**ступеня вищої освіти магістр**

# ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ БАКТЕРІАЛЬНОГО ПРЕПАРАТУ ПІД НУТ НА ЧОРНОЗЕМІ ОПІДЗОЛЕНОМУ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ

**Виконав:** студент ІІ курсу, групи 21 м-а
спеціальності 201 Агрономія
Владислав АРТЕМЕНКО

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

**Умань – 2023**

# ЗМІСТ

ВСТУП..... 3
РОЗДІЛ 1. ОСОБЛИВОСТІ ПОТРЕБИ НУТУ В МІНЕРАЛЬНОМУ УДОБРЕННІ (огляд літератури).. ..... 4
РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ (особливості сорту ) ..... 11
РОЗДІЛ 3. УМОВИ І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ..... 12
3.1. Характеристика ґрунту під дослідом…… 12
3.2. Погодні умови……. 13
3.3. Схема досліду та розміщення варіантів…… 14
3.4. Агротехнологія вирощування нуту ..... 15
3.5. Програма досліджень і методика їх проведення..... 15
РОЗДІЛ 4. ВПЛИВ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ І ІНОКУЛЯЦІЇ НА ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ НУТУ…… 17
4.1 Зміна агрохімічних показників ґрунту під посівами нуту…... 17
4.2 Формування азотфіксувального апарату…….. 18
4.3 Динаміка наростання листкового апарату…… 20
4.4. Урожайність і якість насіння 22
РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ НУТУ…… 25
РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.... 28
6.1. Особливості охорони праці та моделювання виробничих небезпек під час вирощування нуту…….....…. 28
6.2. Охорона навколишнього природного середовища під час застосування пестицидів і добрив ..... 29
ВИСНОВКИ..... 32
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ..... 33

# ВСТУП

**Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи.** Доцільність вивчення питань вирощування зернобобових, в даному випадку нуту, зумовлена тим, що вони є вагомим джерелом білка для людини. Загальновідомим є факт, що для отримання високих і сталих врожаїв необхідний раціональний підхід до питань удобрення і умов вирощування.

Чимало вчених вважають, що зернобобові (у тому числі й нут) можуть давати високий врожай тільки за рахунок природної родючості ґрунту та симбіотичної фіксації азоту (без застосування азотних добрив). Проте, варто враховувати, що якщо складуться несприятливі умови для розвитку та функціонування бобово-ризобіального апарату, то для формування високого повноцінного врожаю слід застосовувати азот мінеральних добрив [24].

**Наукова новизна** передбачає вивчення застосування бактеріального препарату поряд з різними фонами мінерального удобренням посівів нуту на чорноземі опідзоленому в умовах Правобережного Лісостепу України.

**Практична цінність.** Проведеними дослідженнями удосконалено систему удобрення нуту, шляхом уточнення оптимальних доз добрив, для функціонування симбіотичного апарату.

**Апробація результатів досліджень.** Основні результати досліджень були обговорені на студентському науковому гуртку кафедри агрохімії і ґрунтознавства Уманського НУС та опубліковано у збірнику тез Всеукраїнської науково-практичної конференції «Актуальні питання агротехнологій», присвяченій 100-річчю І. М. Карасюка.

# РОЗДІЛ 1
# ОСОБЛИВОСТІ ПОТРЕБИ НУТУ В МІНЕРАЛЬНОМУ УДОБРЕННІ
## (огляд літератури)

Однією з бобових культур, яка забезпечує високі та стійкі врожаї за різних умов вологозабезпечення сміливо можна назвати нут. Він є досить посухостійкий, що є досить важливо для умов сьогодення, пов'язаних з потеплінням, йому притамання стійкість до шкідників і хвороб, порівняно з іншими зернобобовими [34].

Велике значення в підвищенні родючості ґрунту, поповнені запасу ґрунтового азоту за рахунок біологічної фіксації належить зернобобовим, в тому числі і нуту [3].

Вміст білка в зерні нуту в межах 30 %, який за своєю якістю наближений до яєчного, олії до 8 %, вуглеводів до 60 %. Містить такі елементи, як Ca, Fe, Mg, Zn, вітаміни A, $B_1$, $B_2$, $B_3$, $B_6$, C PP, які регулюють кровоутворення і запобігають виникненню багатьох хвороб, в тому числі і онкологічним. Цінність білка нуту зумовлена наявністю таких незамінних амінокислот, як метіонін та триптофан. Біологічна цінність білка в межах 78 %, з коефіцієнтом перетравності 80–83 %, енергетична цінність – 334 ккал [9].

При вирощуванні нуту важливе значення має тривалість вегетаційного періоду, оскільки його ріст і розвиток може проходити за 68–130 діб, на тривалість вегетаційного періоду впливають генетичні особливості гібриду чи сорту, умов регіону та технології вирощування. Також не менш важлива роль належить реакції ґрунту, від якої залежить засвоєння тих чи інших елементів живлення, як наслідок отримання певного рівня врожаю і його якості [34].

Біологічні особливості нуту визначають потребу в поживних речовинах впродовж вегетаційного періоду. Від сходів до цвітіння використовує незначну кількість поживних речовин, адже розвивається досить повільно. Найбільша потреба в елементах живлення припадає на період цвітіння–

утворення бобів (в цей час поглинається близько 65–70 % азоту, фосфору і калію від загальної потреби) [10].

Удосконалити способи застосування різних видів добрив та їх доз можливо на основі вивчення не лише властивостей ґрунту і добрив, але і потреби рослин у поживних речовинах [5, 16]. Істотним джерелом надходження азоту в ґрунт може бути азотфіксація вільноіснуючими, асоціативними і симбіотичними мікроорганізмами, біологічними джералами є багаторічні трави, сидеральні добрива і зернобобові культури [30].

Мінеральні добрива вважаються одним із найбільш швидкодіючих чинників зовнішнього середовища, який впливає не лише на врожайність, а й на її якість. За рахунок них створюються оптимальні умови мінерального живлення для росту та розвитку рослин, які є важливою умовою формування високопродуктивних агрофітоценозів з високими показниками якості зерна нуту. Визначення раціональних доз добрив та вдосконалення способів їх застосування можливе на основі вивчення не лише властивостей ґрунту і добрив, а й потреб рослин у макро- та мікроелементах, що потрібно для формування високоякісного врожаю [24].

Між вченими багатьох країн світу виникає суперечка стосовно відношення бобових культур до елементів живлення, особливо азоту. До нині, остаточно не обрано жодного з чотирьох основних напрямів в цьому відношенні (вирощування нуту без добрив, внесення лише стартових доз добрив, внесення половини добрив від потреби, а решту культура отримає за рахунок азотфіксації та повне забезпечення рослин нуту мінеральним живленням).

Частина вчених схильна вважати, що для формування високого врожаю зерна нуту необхідним є застосовувати розрахунковий метод визначення потреби рослин в основних елементах живлення, при цьому варто враховувати азотфіксуючу діяльність, технологію вирощування, тип ґрунту тощо [42, 44].

Одні вчені схиляються до думки, що під нут, як і під всі зернобобові культури, азотне добриво вносити недоцільно, інші вважають, що на бідних

ґрунтах варто вносити 20–30 кг/га д. р. азоту мінеральних добрив. Якщо забезпеченість ґрунту азотом середня або достатня, то азотні добрива не вносять, через негативну дію на симбіотичний апарат [11, 16].

Аміачна селітра є одним з найефективніших азотних добрив; із фосфорних – суперфосфат, але на опідзолених ґрунтах –фосфатшлак і фосфоритне борошно; із калійних – сирі калійні солі, до складу яких входить магній, натрій та деякі мікроелементи [23, 32].

Для формування врожайності нуту 2,0 т/га, необхідно: 106 кг азоту, 36 – фосфору, 150 – калію. Тому, для підвищення врожайності можна вносити органічні добрива, але їх слід вносити лише під попередник в дозі 30–50 т/га. Також, на думку авторів, потреба в азоті, за сприятливих умов, може задовольнятися за рахунок бульбочкових бактерій, а от внесення стартових доз азоту може затримувати або пригнічувати їх розвиток та нітрогеназну активність [17, 28]. Для підвищення азотфіксації насіння нуту обов'язково необхідно обробляти штамами відповідних бактерій [34]. Внесення під час сівби $P_{10-15}$ позитивно впливає на процес бульбочкоутворення [28]. Схожі результати отримано в Північній частині штату Монтана (США), де в сприятливі за гідротермічними умовами роки, отримано високий врожай зерна нуту за внесення 30 кг/га $P_2O_5$ [41].

Економічно ефективним вважається одноразове внесення мінеральних добрив під оранку. На родючих ґрунтах добрива можна не застосовувати. В районах з достатнім зволоженням навесні вносять поверхнево $N_{30}P_{60}K_{60}$ або локально, зменшуючи дозу на 30-50 % [2].

Згідно досліджень вирощування нуту можливе і без внесення добрив, але допустиме внесення при сівбі 50 кг/га нітроамофоски або $N_{30-40}$ [36]. За даними інших дослідників, в посушливих умовах, для отримання максимальної продуктивності, необхідно під час сівби вносити 100 кг/га нітроамофоски, а в фазі розгалуження – підживлювати КАС-32 дозою 80 л/га або 100 кг/га [29].

На врожайність нуту значною мірою впливає внесення на чорноземах – фосфорних добрив, на легких дерново-підзолистих грунтах – калійних, а на бідних грунтах – азотних [1].

Фосфорно-калійні добрива під нут варто вносити враховуючи винесення поживних речовин із запланованим урожаєм. На коефіцієнти використання поживних речовин із добрив впливає багато факторів, в тому числі активність симбіозу.

В порівнянні із зерновими культурами, рослини нуту використовують більше фосфору на формування одиниці врожаю. Недостатня забезпеченість цього елементу може лімітувати симбіотичну азотфіксацію, як наслідок знижуючи продуктивність рослин. Здебільшого, під основний обробіток, вносять 30–60 кг/га фосфорних добрив з розрахунку на $P_2O_5$. Для покращення засвоєння рослинами важкорозчинних органічних та мінеральних фосфатів ґрунту і добрив застосовують препарат фосфатмобілізуючих бактерій. На процес інтенсифікації процесів біологічної азотфіксації та фосфатмобілізації позитивно впливає відмова від застосування пестицидів [15].

Не менш важливим елементом чим азот і фосфор э калій. Він стимулює нормальний перебіг фотосинтезу, підвищує ефективність багатьох ферментів, підсилює відтік вуглеводів в інші органи. За достатньоо забезпечення рослин калієм, вони краще утримують воду, як наслідок краще переносять посуху [37].

Сірку сміливо можна назвати «четвертим макроелементом» для нуту, адже її фізіологічне значення близьке до азоту, а винесення до фосфору. Фізіологічний вплив сірки і азоту є синергічним. Так, як сірка відіграє важливу роль у синтезі білка, то цим вона сприяє підвищенню врожаю та поліпшенні його якості. За її нестачі значно зменшується поглинання азоту і знижується продуктивність нуту [13].

Дослідження, проведені Р. П. Богдановичем та А. М. Широконосом вказують, що нині є тенденція до погіршення балансу сірки в ґрунтах Лісостепу і Полісся. Через зменшення застосування сірковмісних добрив

баланс сірки набув від'ємного значення. Так, в Лісостепу надходження її з мінеральними добривами в межах 17,9–23,6 кг/га, з органічними – 3,0–4,3 кг/га [7].

Надлишок, як і нестача, мікроелементів також призводять до зниження врожаю і погіршення його якості. Зазвичай мікроелементи в ґрунтах знаходяться у важкодоступних формах для засвоєння кореневою системою нуту. Зазвичай їх засвоєння з ґрунту не перевищує 3 % від загального вмісту. Так, мікроелемент молібден бере участь у синтезі вітамінів і хлорофілу, у вуглеодному обміні речовин, сприяє збільшенню білка в зерні та біологічній азотфіксації. Тому, на тлі удобрення нуту найефективнішим є застосування молібденових добрив, адже лімітуючим чинником підвищення врожайності є його нестача [30].

Формування активного бобово-ризобіального апарату є осовою взаємовигідного існування, як рослини-господаря, так і бульбочкових бактерій, адже саме продукти фотосинтезу являються джерелом енергії для фіксації інертного молекулярного азоту бульбочковими бактеріями [28].

Комплексне, раціональне використання мікробіологічних препаратів за вирощування нуту сприяє підвищенню продуктивності рослин та родючості ґрунту завдяки відновлення природних ресурсів, в результаті чого можливе отримання дешевої, екологічно чистої і високобілкової продукції [40].

Бульбочкові бактерії – це симбіотичні організми, які знаходяться у ґрунтах, що супроводжують конкретні види бобових рослин. Бульбочкові бактерії постачають рослинам-господарям азот, який фіксують із повітря, а рослини, у свою чергу, постачають їм продукти вуглеводного обміну і мінеральні солі, які необхідні їм для росту й розвитку [37].

Вагомий вплив на симбіоз бульбочкових бактерій з бобовими рослинами мають ґрунтово-кліматичні умови, адже симбіоз, який буде забезпечувати оптимальний розвиток рослин та бульбочкових бактерій, потребує відповідних, сприятливих умов. Якщо грунтові та гідротермічні умови

несприятливі, то навіть висока вірулентність, конкурентоспроможність та активність мікросимбіонту не забезпечить високу ефективність симбіозу [33].

Оптимальною для розвитку бульбочок є вологість 60–70 %, мінімальна, за якої можливий розвиток бульбочкових бактерій у ґрунті, становить близько 16 % від повної вологоємності ґрунту. За вологості нижче цього рівня зазвичай припиняється розмноження бульбочкових бактерій, але поряд з тим вони не гинуть і можуть довгий час бути у неактивному стані. Недостатня кількість вологи також може спричинити відмирання вже сформованих бульбочок. Районам з недостатньою кількістю вологи характерний ріст і розвиток бобових рослин без утворення бульбочок [6] Умови як недостатньої, так і надмірної вологості, негативно впливають на симбіоз, адже погіршується постачання кисню до кореневої системи рослин та знижується ступінь аерації.

Вагома роль для симбіозу бульбочкових бактерій та бобових рослин належить температурному режиму. Зернобобові по різному реагують на температурний режим. Таким чином, у природних умовах відмічений розвиток бульбочок за температур дещо вище 0º С, але азотфіксація за таких умов майже не відбувається. Зазвичай цей процес відбувається лише за температури більше +10º С. Максимальна температура за, якої може відбуватися азотфіксація для більшості бобових рослин становить +20–25º С, температура понад +30º С має негативний вплив на процес азотонакопичення [16].

Значний вплив на утворення бульбочок та життєдіяльність бульбочкових бактерій має реакція ґрунтового розчину. Для різних видів, навіть штамів, бульбочкових бактерій значення pH середовища для існування дещо відрізняється. Реакція ґрунту, як екологічний фактор має вплив на вірулентність та активність бульбочкових бактерій. Найактивніші штами, як правило, виділяють із ґрунтів з нейтральним значенням pH [1].

На розміри симбіотичної азотфіксації значною мірою впливають умовами живлення рослини-господаря, а не бульбочкових бактерій. Бульбочкові бактерії, як ендотрофні симбіонти рослин залежать в основному від рослини,

за рахунок якої отримують речовини, що містять елементи мінерального живлення.

На ефективність симбіозу впливає ступінь забезпечення бобових рослин доступними формами мінеральних з’єднань азоту. Велика кількість лабораторних та вегетаційних дослідів вказує на те, що чим більше азотовмісних з’єднань у навколишньому середовищі, тим гірша проникність бактерій у корінь рослини [17].

Л. С. Єремко [21], встановив, що в умовах Лівобережного Лісостепу України найкращими умовами для формування симбіотичного апарату нуту створюються передпосівної інокуляції на тлі $P_{30}K_{40}$, де на рослині утворювалося в середньому 15 бульбочок, а їх маса збільшувалася до 0,42–0,65 г.

Огляд літературних джерел показав, що кінцевою метою будь-якого сільського господарювання є отримання високого рівня врожайності сільськогосподарських культур та якісного зерна, що можна досягти лише шляхом раціонального вирощування сільськогосподарських культур.

# РОЗДІЛ 2.
# ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ (особливості сорту Буджак)

Вегетаційний період сорту 90 діб. Вміст сирого протеїну - 27,4 % та загальній вирівняності зерна – 95 %, а фракції 5,5-5,0 – 100–93 %. Час варіння зерна та смакові якості його оцінено по 5 балів. Рослини середньої висоти, мають сильну інтенсивність галуження з напівпрямостоячим положенням після цвітіння. Рослини даного сорту мають ранні показники часу як цвітіння, так і збирання. Антоціанове забарвлення стебла відсутнє з високим прикріпленням першої квітки. Листки помірно зеленого забарвлення, з великою листковою пластинкою. Квітки білі, із середньої довжини пелюстки. Біб дуже великий з коротким носиком, переважно два насінних зачатки. Колір насіння – світло-бежевий. Форма насінини - від круглої до кутастої, з дуже слабкою або відсутньою ребристістю. Маса 100 насінин – близько 370 г [25].

**Стійкість до хвороб та стресових факторів сорту Буджак**

- стійкості до обсипання – 5 балів;
- вилягання – 4;
- механізованого збирання – 5 балів;
- ураження аскохітозом та кореневими гнилями – по 4 бали [25].

# РОЗДІЛ 3.
# УМОВИ І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

## 3.1. Характеристика ґрунту під дослідом

Загальновідомим є факт, що ґрунт виступає одним із важливих чинників, що лімітують майбутній урожай і його якість. Чим вища його родючість (тобто здатність забезпечувати рослини поживними речовинами), тим легше буде отримати високі дані показники.

Дослід розміщувався в с. Гереженівка, Уманського району, Черкаської області на полях власності ДП «УМАНЬ-АГРО».

Ґрунт під посівами нуту був чорнозем опідзолений, за результатами агрохімічного дослідження (табл. 1), встановлено такі значення: вміст гумусу – низький (3,88 %), згідно pH сольового реакція дуже слабокисла (5,99), забезпеченість азотом – низька (118 кг/га), фосфором – підвищена (111 кг/га), калієм – висока (119 кг/га).

Таблиця 1

**Агрохімічні характеристика чорнозему опідзоленого**

| Показник | | Глибина відбирання зразка, см | |
|---|---|---|---|
| | | 0–20 | 20–40 |
| Вміст гумусу, % | | 3,88 | 3,81 |
| $pH_{kcl}$ | | 5,99 | 6,05 |
| Гідролітична кислотність, смоль/кг | | 2,68 | 1,75 |
| Сума ввібраних основ, смоль/кг | | 28,3 | 28,2 |
| Ступінь насиченості основами, % | | 91,3 | 94,2 |
| Вміст рухомих сполук, мг/кг | N | 118 | 113 |
| | $P_2O_5$ | 111 | 100,0 |
| | $K_2O$ | 119 | 110 |
| | S | 5,8 | 4,6 |

З отриманої агрохімічної характеристики видно, що ґрунт придатний для вирощування сільськогосподарських культур. Із застосуванням мінеральних добрив можливо досягти максимальної врожайності і якості сортів і гібридів нуту.

### 3.2. Погодні умови

За кліматичними умовами Уманський район відноситься до першого агрокліматичного району. Гідротермічний коефіцієнт становить 1–1,3, що свідчить про недостатнє зволоження даного району. Клімат помірно-континентальний, досить теплий, з недостатньою вологозабезпеченістю.

Тепловий режим вегетаційного періоду, в цілому, сприятливий для розвитку всіх сільськогосподарських культур, які вирощуються на землях сільськогосподарського підприємства.

Протягом року спостерігаються коливання температури повітря. Найхолодніший місяць – січень (середня багаторічна температура – -3,4°С, найтепліший – липень (+20,9°С).

Середня річна сума ефуктивних температур понад 10° становить 2300-2600°. Середня річна сума опадів становить 586 мм, що вказує на позитивний баланс вологи в ґрунті, а також сприяє інтенсивному розкладу органічної речовини. Восени перші заморозки починаються в другій декаді вересня (середні дати в першій декаді жовтня), а найпізніше припинення заморозків – в кінці травня (середня дата в останній декаді квітня).

Обмеженість періоду, що буває без заморозків, вимагає від господарства висівати теплолюбиві культури з довгим вегетаційним періодом негайно, як тільки складуться відповідні температурні умови ґрунту для даної культури. Ранні посіви дають змогу уникнути заморозків та зберегти урожай від пошкоджень його восени.

Клімат розміщення досліду в цілому сприятливий для сівби всіх районованих сільськогосподарських культур і одержання гарних врожаїв. Наразі

основним лімітуючим чинником одержання стабільних і високих врожаїв є посуха.

Таблиця 2

**Погодні умови на час проведення досліджень**

(дані метеостанції Умань)

| Показник | Місяці | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX |
| Кількість опадів, мм | | | | | | | | | |
| Середня багаторічна | 38 | 34 | 36 | 41 | 52 | 81 | 68 | 49 | 61 |
| 2022 р. | 23,9 | 7,2 | 13,4 | 57,7 | 22,4 | 36,3 | 28,1 | 44,4 | 99,2 |
| 2023 р. | 6,0 | 20,5 | 27,2 | 129,6 | 42,4 | 15,8 | 92,5 | 12,4 | 4,2 |
| Температура повітря, °С | | | | | | | | | |
| Середня багаторічна | -3,4 | -2,3 | 2,5 | 9,7 | 15,4 | 19,0 | 20,9 | 20,1 | 14,5 |
| 2022 р. | -1,3 | 1,8 | 2,0 | 8,6 | 14,5 | 20,5 | 21,0 | 21,7 | 13,1 |
| 2023 р. | 0,2 | -0,2 | 5,1 | 8,8 | 15,4 | 19,6 | 21,3 | 22,9 | 18,4 |

### 3.3. Схема досліду та розміщення варіантів

Дослідження проводили в умовах притаманних Правобережному Лісостепу України в 2022–2023 рр. за наступною схемою досліду:

1. Без добрив (контроль);
2. $P_{40}K_{40}$;
3. $N_{20}P_{40}K_{40}$;
4. $N_{40}P_{40}K_{40}$;
5. $N_{60}P_{40}K_{40}$;

6–10. Варіанти досліду 1–5 з інокуляцією насіння нуту.

Розміщення варіантів у досліді було послідовне, у триразовій повторності. Загальна площа дослідної ділянки 100 м$^2$, облікова – 35 м$^2$. Згідно схеми досліду вносили такі види мінеральних добрив: азотні – аміачна селітра під передпосівну культивацію, фосфорні – суперфосфат гранульований і калійні – калій хлористий

під основний обробіток ґрунту.

Варіанти були розміщені систематичним методом:




### 3.4. Агротехнологія вирощування нуту

Після збирання попередника (пшениця яра) проводять дискування стерні. Після проводили оранку на зяб (глибина +-25 см) під, яку вносили фосфорні і калійні добрива.

З настанням фізичної стиглості ґрунту (навесні) проводилося вирівнювання зябу (шлейф-борона ШБ-25). Передпосівна культивація проводилася на глибину загортання насіння. Під передпосівну культивацію, згідно схеми досліджень, вручну вносили аміачну селітру.

За годину до сівби (половину насіння) обробляли штамом бульбочкових бактерій (Андеріз) в дозі 1,5 л/т насіння. Сіяли 600 тис шт/га з міжряддям 15 см, на глибину до 6 см. Після сівби поле прикочували кільчато-шпоровими котками.

Збирали врожай нуту у фазу повної стиглості прямим комбайнуванням.

### 3. 5. Програма досліджень і методика їх проведення

Відбирання проб ґрунту і підготовку їх до аналізу виконували згідно з вимог ДСТУ 4287:2004 і ДСТУ ISO 11464:2007. У ґрунтових пробах визначали такі показники: вмісту загального вуглецю за методом Тюрина в модифікації Симакова згідно з ДСТУ 4289:2004; гідролітичну кислотність – за методом Каппена згідно ДСТУ 7537:2014; кислотність ґрунту $pH_{KCl}$ – на іономірі згідно з ДСТУ ISO 10390-2007; вміст увібраних основ – згідно МВВ 31–497058–007–

2005; ємності катіонного обміну ґрунтом і насиченості основами – ДСТУ ISO 11260-2001; суму ввібраних основ – за методом Каппена–Гільковиця згідно ГОСТ 27821–88; вміст азоту легкогідролізованих сполук за методом Корнфілда згідно з ДСТУ 7863:2015; рухомі сполуки фосфору – вилученням їх розчином 0,5 Н оцтової кислоти з наступним фотоколориметруванням за модифікованим методом Чирикова згідно з ДСТУ 4115-2002; рухомі сполуки калію – вилученням їх розчином 0,5 Н оцтової кислоти на полуменевому фотометрі за модифікованим методом Чирикова згідно з ДСТУ 4115-2002.

Визначення кількості бульбочок на кореневій системі рослин нуту було за наступним алгоритмом дій: відбирали 10 рослин з кожного варіанту досліду (у двох несуміжних повтореннях) і підраховували їх кількість.

Площа листкової поверхні рослин нуту в досліді визначалася методом висічок [22].

Для оцінювання впливу удобрення та показники якості насіння культури визначали вміст білка й жиру методом інфрачервоної спектроскопії за використання приладу InfratecNova. Масу 1000 насінин – за ДСТУ ISO 520 [20].

Економічну ефективність вирощування культури розраховували за загальноприйнятими методиками, за витратами, технологічними картами та реалізаційними цінами ІІІ кварталу 2023 р.

Статистичну обробку отриманих даних, визначення достовірності досліджених експериментальних даних використовували дисперсійний аналіз за методикою В. О. Єщенка, а також пакет стандартних програм (MSOfficeExcel, ПІК «Agrostat») та ін. [22].

# РОЗДІЛ 4.
# ВПЛИВ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ І ІНОКУЛЯЦІЇ НА ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ НУТУ

## 4.1. Зміна агрохімічних показників ґрунту під посівами нуту

Правильно розроблена система удобрення в сівозміні здатна забезпечити стабільне надходження поживних елементів до рослин і поліпшує агрохімічні показники ґрунту.

З даних табл. 3, в шарі ґрунту 0–20 см відмічені незначні зміни вмісту гумусу під впливом внесених мінеральних добрив. Це можна пояснити нетривалим періодом проведення досліджень, а також залишенням нетоварної частини урожаю на полі у якості добриво. Проте відмічено тенденцію зміни $pH_{KCl}$ на 0,11–0,15 од., на що варто звертати увагу для того щоб вчасно провести меліоративні заходи для підтримання нейтральної реакції ґрунтового розчину.

Таблиця 3

**Агрохімічні показники ґрунту в шарі 0–20 см під нутом після застосування мінеральних добрив**,

2022-2023 рр.

| Варіант досліду | Вміст гумусу, % | $pH_{KCl}$ | Hг, смоль/кг | S, смоль/кг | V, % | Вміст у ґрунті, мг/кг | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | $N_{легк}$ | $P_2O_5$ | $K_2O$ |
| Без добрив | 3,79 | 5,95 | 2,70 | 28,8 | 91,4 | 108 | 95 | 114 |
| $P_{40}K_{40}$ | 3,81 | 5,82 | 2,72 | 29,0 | 91,4 | 110 | 117 | 113 |
| $N_{20}P_{40}K_{40}$ | 3,84 | 5,84 | 2,70 | 29,1 | 91,5 | 110 | 115 | 115 |
| $N_{40}P_{40}K_{40}$ | 3,87 | 5,82 | 2,72 | 29,2 | 91,5 | 112 | 113 | 112 |
| $N_{60}P_{40}K_{40}$ | 3,90 | 5,80 | 2,75 | 29,2 | 91,4 | 115 | 112 | 110 |

Застосування мінеральних добрив спричинило зміну гідролітичної кислотності в сторону збільшення від 2,70 до 2,75 смоль/кг залежно від варіанту досліду. Ступінь насиченості ґрунту основами майже не піддавався змінам.

Найбільше зниження запасів гумусу спостерігалося на контрольному варіанті і становило 0,09 т/га.

Вміст азоту легкогідролізованих сполук був низький перед, як перед закладанням досліду, так і після вирощування нуту, що свідчить про доцільність збільшення частки азотних добрив в сівозміні.

За даними таблиці бачимо, що застосування 40 кг/га д. р. фосфорних добрив здатне підтримувати вміст рухомих сполук фосфору у ґрунті на початковому рівні, тоді як відсутність фосфорних добрив призводить до зниження даного показника на 10 мг/кг грунту.

Природний вміст калію в ґрунті підвищений, але в процесі росту й розвитку рослин нуту незначна частина (4–9 мг/кг) його виноситься, тому варто підвищити дозу калійних добрив.

### 4.2. Формування азотфіксувального апарату

Формування симбіотичної взаємодії бобових культур з бульбочковими бактеріями у значній мірі визначає їх ріст, розвиток та продуктивність, адже за таких умов значно покращується азотне живлення рослин. Ефективним способом підвищення утворення бобово-ризобіального симбіозу є застосування препаратів бульбочкових бактерій на основі активних штамів [13].

У всіх країнах світу, у тому числі і в Україні, виникає значний інтерес до біологічного азоту, через проблему нарощування аграрного виробництва, і як наслідок охорони навколишнього середовища. Проводиться багато досліджень з вивчення особливостей азотфіксації, визначається її значення в азотному балансі ґрунту і живленні рослин. Азотфіксуючі мікроорганізми це

важливим джерелом поліпшення балансу азоту в ґрунті, в результаті збільшується урожайності і якість сільськогосподарських культур [18].

Застосування інокулянтів забезпечує активніший розвиток бульбочкових бактерій, які здатні не лише фіксувати азот з повітря, а й мобілізувати важкодоступні форми фосфору з ґрунту, що в свою чергу підвищує родючість ґрунту, а в кінцевому результаті економиться значна кількість мінеральних добрив [28].

Доведено, що розвиток симбіотичного апарату, як нуту, так і усіх зернобобових культур, залежить не лише від ефективної взаємодії генотипів сорту рослин та бульбочкових бактерій, а також і від окремих елементів технології вирощування, таких як, використання бактеріальних препаратів та позакореневі підживлення мікродобривом, стимулятором росту тощо [37, 40].

Під час проведення аналізу впливу удобрення та інокуляції на формування симбіотичного апарату, відмічено тенденцію збільшення кількості бульбочок від проведення інокуляції (табл. 4).

Таблиця 4

**Вплив удобрення та інокуляції на кількість бульбочок на кореневій системі нуту** (2022–2023 рр.), шт/рослині

| Варіанти досліду | Рік | Фаза росту й розвитку рослин | | | | Зміна (±) у фазу цвітіння від | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Бутонізація | | Цвітіння | | удобрення | інокуляції |
| | | 1 | 2 | 1 | 2 | | |
| Без добрив (контроль) | 2022 | 14,4 | 16,9 | 26,5 | 28,5 | – | +2,0 |
| | 2023 | 15,8 | 18,1 | 27,8 | 30,5 | – | +2,7 |
| $P_{40}K_{40}$ | 2022 | 14,9 | 17,8 | 27,8 | 29,8 | +1,3 | +2,0 |
| | 2023 | 16,6 | 17,9 | 28,6 | 31,2 | +0,8 | +2,6 |
| $N_{20}P_{40}K_{40}$ | 2022 | 15,9 | 18,2 | 29,5 | 31,1 | +3,0 | +1,6 |
| | 2023 | 17,8 | 19,5 | 30,4 | 33,8 | +2,6 | +3,4 |
| $N_{40}P_{40}K_{40}$ | 2022 | 16,6 | 18,8 | 28,1 | 35,8 | +1,6 | +7,7 |
| | 2023 | 19,3 | 21,4 | 30,1 | 37,9 | +2,3 | +7,8 |
| $N_{60}P_{40}K_{40}$ | 2022 | 16,2 | 17,6 | 25,2 | 27,1 | -1,3 | +1,9 |
| | 2023 | 19,0 | 20,1 | 26,1 | 27,8 | -1,7 | +1,7 |

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

Зданих таблиці бачимо, що на формування кількості бульбочок позитивний вплив мало, як застосування добрив, так і інокуляція, однак якщо порівнювати ці агрозаходи, то інокуляція мала більший влив і лише в сторону збільшення, а от високі дози азотних добрив призводили до зменшення даного показника, що можна пояснити переходом рослин на живлення азотом мінеральних добрив. Так, система удобрення $N_{60}P_{40}K_{40}$ призвела до зменшення кількості бульбочок на кореневій системі нуту на 1,3–1,7 шт/рос. залежно від року. Інокуляція збільшувала даний показник від 1,6 до 7,8 шт/рос.

Залежно від удобрення та інокуляції кількість бульбочок на рослині збільшувалася від 14,4 до 21,4 шт у фазу бутонізації, і від 26,5 до 37,9 шт у фазу цвітіння, з максимальними показниками у варіанті досліду $N_{40}P_{40}K_{40}$ з передпосівною інокуляцією насіння.

Отже, можна відмітити позитивну дію інокуляції на формування симбіотичного апарату та невеликих, стартових доз азотних добрив.

### 4.3. Динаміка наростання листкового апарату

На даний час, фотосинтетична діяльність нуту є мало вивченою. Відомим фактом є те, що рослини нуту розвивають листя поступово, у міру зростання стебла та розвитку бічних пагонів. На початку росту й розвитку рослин, маса листків та їх поверхня наростають повільно, тому посіви нуту мають низьку конкурентоспроможність порівняно з бур’янами [4].

Максимум поверхні листків і їх маси досягається до періоду генеративного розвитку. Однак, до цього періоду, листя нижньої частини починає відмирати, особливо при загущених посівах, при цьому зменшується фотосинтетична активність рослин, у зв’язку із цим часто відбувається осипання великої кількості суцвіть і плодів, що зав’язалися [39, 45].

З даних таблиці 5, бачимо, що на збільшення площі листової поверхні значний вплив мало, як удобрення, так і інокуляція, залежно від яких даний

показник був у межах 10,4–14,6 тис.м$^2$/га у фазу гілкування, 27,3–31,8 у фазу цвітіння і 22,7–26,9 на початку достигання насіння.

Таблиця 5

**Динаміка наростання листкової поверхні посівів нуту залежно від удобрення та інокуляції насіння**, тис.м$^2$/га

| Варіант досліду | Рік | Фаза росту й розвитку рослин | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | гілкування | | цвітіння | | початок достигання насіння | |
| | | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| Без добрив (контроль) | 2022 | 10,4 | 11,7 | 27,3 | 29,1 | 22,7 | 24,6 |
| | 2023 | 10,8 | 12,2 | 27,8 | 29,7 | 23,1 | 25,4 |
| $P_{40}K_{40}$ | 2022 | 10,7 | 12,2 | 28,1 | 29,9 | 23,1 | 25,5 |
| | 2023 | 11,1 | 12,6 | 28,2 | 30,3 | 23,9 | 25,9 |
| $N_{20}P_{40}K_{40}$ | 2022 | 11,3 | 13,2 | 28,4 | 30,3 | 23,6 | 26,0 |
| | 2023 | 11,7 | 13,4 | 28,8 | 30,5 | 24,2 | 26,3 |
| $N_{40}P_{40}K_{40}$ | 2022 | 11,6 | 13,8 | 28,7 | 30,8 | 23,9 | 26,1 |
| | 2023 | 12,2 | 14,1 | 29,0 | 31,1 | 24,3 | 26,6 |
| $N_{60}P_{40}K_{40}$ | 2022 | 11,7 | 14,1 | 28,8 | 31,4 | 24,5 | 26,4 |
| | 2023 | 12,5 | 14,6 | 29,1 | 31,8 | 24,6 | 26,9 |

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

Варто відзначити, що кращий вплив має удобрення в поєднанні із інокуляцією, адже саме в таких варіантах отримано найбільший приріст площі листкової поверхні, а саме: у фазу гілкування приріст до абсолютного контролю становив 4,2 тис.м$^2$/га, тоді як максимальний приріст від удобрення в дану фазу становив 2,1, а від інокуляції – 1,3 тис.м$^2$/га; у фазу цвітіння відповідно – 4,5, 1,8 і 1,8; у фазу початку достигання – 4,2, 1,9, 1,9 тис.м$^2$/га.

Отже, застосування добрив має найбільший вплив на формування площі листкової поверхні.

### 4.4. Урожайність і якість насіння

Підвищення ефективності всіх факторів інтенсифікації технологій вирощування сільськогосподарських культур, зокрема і нуту, повинне здійснюватися на основі сучасного рівня технології [13, 36]. Це вимагає розробки стратегії адаптивної інтенсифікації рослинництва, яка базується на використанні потенціалу всіх біологічних компонентів агроекосистеми.

Основним результуючим фактором вирощування сільськогосподарської продукції є рівень сформованого врожаю залежно від технологічних прийомів, на які різні сільськогосподарські культури реагують по різному. Так, отримані експериментальні дані вказують, що усі технологічні елементи вирощування, які вивчалися, суттєво вплинули на величину отриманого врожаю зерна нуту (табл. 6).

Таблиця 6

**Урожайність нуту залежно від удобрення та інокуляції**, т/га

| Варіант досліду | Рік | Без інокуляції, т/га | З інокуляцією, т/га | Приріст від добрив, т/га | Приріст від інокуляції, т/га | Вплив інокуляції, % |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Без добрив (контроль) | 2022 | 1,55 | 1,68 | – | 0,13 | 8 |
| | 2023 | 1,59 | 1,75 | – | 0,16 | 10 |
| $P_{40}K_{40}$ | 2022 | 1,66 | 1,78 | 0,11 | 0,12 | 7 |
| | 2023 | 1,73 | 1,85 | 0,14 | 0,12 | 7 |
| $N_{20}P_{40}K_{40}$ | 2022 | 1,76 | 1,89 | 0,21 | 0,13 | 7 |
| | 2023 | 1,80 | 1,96 | 0,21 | 0,16 | 9 |
| $N_{40}P_{40}K_{40}$ | 2022 | 1,84 | 1,98 | 0,29 | 0,14 | 8 |
| | 2023 | 1,92 | 2,08 | 0,33 | 0,16 | 8 |
| $N_{60}P_{40}K_{40}$ | 2022 | 1,89 | 1,99 | 0,34 | 0,10 | 5 |
| | 2023 | 1,98 | 2,09 | 0,39 | 0,19 | 6 |
| $НІР_{05}$ | 2022 | 0,08 | 0,08 | | | |
| | 2023 | 0,09 | 0,10 | | | |

Урожайність нуту в досліді змінювалася від 1,55 до 1,98 т/га без інокуляції та від 1,68 до 2,15 т/га з інокуляцією. Збільшення приросту врожайності від добрив було в межах 0,11–0,39 т/га, залежно від інокуляції – 0,10–0,19 т/га.

Вплив інокуляції спостерігався на всіх варіантах досліду, даний агрозахід збільшував врожайність сочевиці на 5–10 %.

В середньому за 2022–2023 рр. найвищу продуктивність нуту забезпечував варіант досліду $N_{60}P_{40}K_{40}$ – 1,94 т/га без інокуляції та 2,04 т/га з інокуляцією.

У формуванні підвищеного вмісту протеїну в насінні, головна роль належить азоту. Відомо, що рослини нуту здатні споживати азот з ґрунту і повітря. Тек, за підвищення ефективності симбіотичної азотфіксації відбувається збільшення продуктивності культури, що в свою чергу впливає на вміст протеїну в зерні. Умови несприятливого вологозабезпечення рослин порушують поглинання та засвоєння азоту. Такі листи мають підвищений вміст нітратного, амінного та амідного азоту, знижується здатність рослин нуту синтезувати білок [13].

Білок нуту цінний тим, що він близький до тваринного, а його вміст в насінні коливається від 18-26 %, а у деяких сортів – до 32,3 %. За вмістом білка, нут поступається тільки сої, перевершує при цьому сочевицю, квасолю та горох від 3 до 7 %, при цьому, сумарна кількість незамінних амінокислот білку становить 41,53 % від загальної кількості [19, 43].

Розглядаючи питання впливу на якісні показників насіння нуту передпосівної обробки насіння та системи удобрення на чорноземі опідзоленому Правобережного Лісостепу, виявлено те, що воно є маловивченим, що зумовлює актуальність наукових досліджень у даному напрямку. Фактори, які вивчалися у досліді, мали значний вплив на формування якісних показників зерна нуту.

За даними таблиці 7, видно значний вплив удобрення на масу тисячі насінин. Підвищення дози азотних добрив до 40 кг/га сприяло збільшенню її

на 23 г порівняно з контролем, тоді як підвищення дози азоту до 60 кг/га спричинило її збільшення лише на 17–18 г.

*Таблиця 7*

**Якість насіння нуту залежно від варіантів удобрення та інокуляції**

| Варіант досліду | Рік | Маса 1000 насінин, г | | Вміст, % | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | білка | | олії | |
| | | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| Без добрив (контроль) | 2022 | 310 | 313 | 22,2 | 22,4 | 7,0 | 6,8 |
| | 2023 | 312 | 314 | 22,3 | 22,6 | 6,9 | 6,6 |
| $P_{40}K_{40}$ | 2022 | 313 | 316 | 22,5 | 22,8 | 6,8 | 6,5 |
| | 2023 | 314 | 318 | 22,7 | 23,0 | 6,7 | 6,5 |
| $N_{20}P_{40}K_{40}$ | 2022 | 319 | 322 | 22,8 | 23,2 | 6,6 | 6,5 |
| | 2023 | 323 | 325 | 23,2 | 23,6 | 6,5 | 6,2 |
| $N_{40}P_{40}K_{40}$ | 2022 | 333 | 328 | 23,1 | 23,5 | 6,3 | 6,0 |
| | 2023 | 335 | 331 | 23,5 | 23,7 | 6,2 | 6,0 |
| $N_{60}P_{40}K_{40}$ | 2022 | 328 | 324 | 23,5 | 23,8 | 6,0 | 5,9 |
| | 2023 | 329 | 327 | 23,7 | 23,9 | 5,9 | 5,8 |

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

Вміст білка в насінні нуту збільшувався від дози азотних добрив та інокуляції. Від застосування добрив даний показник збільшувався до 1,5 %, від інокуляції до 0,3 %, а від удобрення з інокуляцією – до 1,7 %. Із збільшенням вмісту білка, зменшувався вміст олії і був в межах 5,9–7,0 % без інокуляції та 5,8–6,8 % з інокуляцією.

# РОЗДІЛ 5.
# ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ НУТУ

У сучасних реаліях ведення сільського господарства важливою вимогою до технології вирощування будь-якої культури, які розробляються, є зниження собівартості отриманої продукції, мінімізація енергетичних витрат, а як наслідок – підвищення прибутку.

Окрім даних вимог, сучасні технології вирощування мають бути конкурентоспроможними на ринку технологій. Виробництво продукції рослинництва в умовах дефіциту ресурсного потенціалу вимагає перегляду підходів, які існували при розподільчо-плановій економіці щодо розподілу виробничих витрат при розробці технологій вирощування польових культур [26, 38].

Розробка агрономічних заходів для забезпечення високої врожайності сільськогосподарських культур, обов’язково супроводжується економічною оцінкою. Оцінювання ефективності комплексу будь-яких агрозаходів лише за зміною урожаю є недостатнім, оскільки залишаються поза увагою витрати на його отримання. У зв’язку з цим і виникла необхідність визначення комплексу економічної і агротехнічної ефективності [26].

Найбільші посіви нуту в Індії, які становлять до 70 % всіх площ, ще 5–10 % – в Австралії, до 5 % в Пакистані і близько 4 % в Туреччині. Набирає попиту дана культура і в господарствах України. Переважна більшість посівів нуту в Запорізькій, Одеській, Миколаївській, Вінницькій та Чернівецькій областях [13].

Проаналізувавши отримані дані в таблиці 8, можна спостерігати тенденцію збільшення витрат на вирощування нуту із застосуванням добрив та інокуляції насіння бульбочковими бактеріями, однак тут же ж варто і відмітити збільшення отриманого прибутку. Так, показник прибутковості збільшувався від 29946 грн на абсолютному контролі до 33683 грн у варіанті

із внесенням NPK по 40 кг/га д. р. Як бачимо, максимальний прибуто, який отримано в досліді без застосування інокуляції відмічено у варіанта $N_{60}P_{40}K_{40}$ – 30457 грн, із застосуванням інокуляції (максимально отриманий прибуток) у варіанті $N_{40}P_{40}K_{40}$ – 33683 грн, різниця між якими становить 3226 грн, що є досить вагомим показником. Це вказує на те, що застосування більшої дози азотних добрив є невиправдано дорожчим агрозаходом порівняно з інокуляцією.

Отже, в наш час, коли є висока необхідність зниження затрат пов’язаних із застосуванням мінеральних добрив інокуляція є чудовим тому рішенням.

*Таблиця 8*

**Економічна ефективність застосування добрив та інокуляції під нут,** 2022-2023 рр.

| Варіант досліду | Витрати на 1 га, грн | Урожайність, т/га | Вартість 1 т насіння, грн | Собівартість 1 т насіння, грн | Дохід, грн | Прибуток, грн | Рівень рентабельності, % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Без добрив (контроль) | 9304<br>9604 | 1,57<br>1,72 | 25000 | 5926<br>5270 | 39250<br>43000 | 29946<br>33396 | 322<br>348 |
| $P_{40}K_{40}$ | 14171<br>14471 | 1,70<br>1,82 | 25000 | 8336<br>7951 | 42500<br>45500 | 28329<br>31029 | 200<br>214 |
| $N_{20}$ $P_{40}K_{40}$ | 15469<br>15769 | 1,78<br>1,93 | 25000 | 8690<br>8170 | 44500<br>48250 | 29031<br>32481 | 188<br>206 |
| $N_{40}P_{40}K_{40}$ | 16767<br>17067 | 1,88<br>2,03 | 25000 | 8919<br>8407 | 47000<br>50750 | 30233<br>33683 | 180<br>197 |
| $N_{60}P_{40}K_{40}$ | 18043<br>18343 | 1,94<br>2,04 | 25000 | 9301<br>8992 | 48500<br>51000 | 30457<br>32657 | 169<br>178 |

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

# РОЗДІЛ 6.
# ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

## 6.1. Організація умов і заходів з охорони праці та моделювання виробничих небезпек під час внесення добрив на посівах нуту

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров’я і працездатності людини у процесі трудової діяльності [35].

Безпека праці – умови праці на об'єктах матеріального виробництва, зокрема промисловості, транспорту тощо, що виключають вплив небезпечних і шкідливих чинників на працюючих. Безпека праці підтримується шляхом виконання комплексу заходів щодо запобігання травматизму, захворювань і аварій [35].

Недотримання правил безпеки призводить до травмування, отруєння і навіть смерті робітника, тому при роботах пов’язаних з добривами важливим є дотримання наступних вимог:

1. Транспортувати, зберігати та застосовувати пестициди потрібно з не порушенням Закону України «Про пестициди і агрохімікати».

2. У темний час доби забороняється перевезення аміаковмісних мінеральних добрив, змішування і приготування розчинів та внесення їх у ґрунт.

3. Забороняється транспортування разом різних видів пестицидів, які у разі порушення герметичності упаковки можуть спричинити займання.

4. Пестициди, добрива і протруєне насіння заборонено перевозити разом з продуктами харчування, біологічними засобами захисту, а також людьми.

5. Тара від мінеральних добрив повинна утилізуватися згідно з вимог природоохоронного законодавства. Після використання тари від добрив заборонено навіть після її знешкодження.

6. Усі з'єднання машини, які використовуються в роботі з пестицидами і добривами повинні бути оснащені ущільнюючими прокладками.

Модель небезпечної ситуації під час транспортування добрив в поле:

Небезпечна умова (НУ) – тракторний причіп експлуатується без гальм;

Небезпечна дія (НД) 1 – перевищення швидкості руху водієм трактора;

НД 2 – різкий поворот;

Небезпечна ситуація (НС) – перекидання трактора з причіпом;

Аварія (А);

Травма (Т) водія.

НД2

↓

НУ→НС→А→Т

↑

НД1

Отже, для створення безпечних умов праці під час, як під час внесення мінеральних добрив, так і під час будь-яких технологічних операцій під час вирощування нуту важливим є знання та дотримання правил безпеки.

### 6.2. Охорона довкілля при застосуванні мінеральних добрив

Екологічні проблеми агрохімії пов'язані із збереження біосфери з'явилися у світі відносно недавно, в результаті підвищення темпів виробництва і застосування мінеральних добрив у сільському господарстві. Однак ці проблеми мають міжнародне значення та глобальні обсяги.

Хімізацію землеробства неможливо переоцінити, тому що в наш час загальновідомо, що в результаті використання добрив можливий приріст врожаю близько 40 %, поліпшується кругообіг біогенних елементів.

Однак очевидним є й те, що зростання обсягів застосування мінеральних добрив може порушити природний цикл кругообігу речовин, що призведе до загострення проблем нітратів та евтрофікації водойм.

Згубний вплив добрив на навколишнє природне середовище різний, але виділяють такі причини:

1. Надходження поживних елементів з добрив у підґрунтові води та поверхневий їх стік призводе до посиленого розвитку водоростей та утворення планктону (евтрофікація природних вод).

2. Неправильний підбір і використання мінеральних добрив може призвести до погіршення кругообігу і балансу поживних речовин, агрохімічних властивостей, родючості ґрунту. Так, велике застосування азотних добрив може підвищити кислотність ґрунту.

3. Підвищене застосування добрив, низька якість і властивості мінеральних добрив призводять до зменшення продуктивності сільськогосподарських культур і якості продукції та нагромадження в ній нітратів.

За останні 20–30 років до водойм надходять стоки, що містять велику кількість сполук азоту і фосфору. Це пов’язане із змивом добрив з полів. Внаслідок цього в глибинній зоні спостерігається анаеробний обмін, нагромаджується аміак, сірководень тощо. Порушуються окисно-відновні процеси і спостерігається дефіцит кисню. Це призводить до загибелі багатьох цінних видів рослин і риб, вода стає непридатною для пиття і навіть для купання. Такі евтрофіковані водойми втрачають господарське і біогеоценотичне значення. На думку вчених, ці водойми здатні повернутися у свій першопочатковий стан, якщо до них не потраплятимуть сторонні речовини. Це пов’язують з періодом відновлення вод у природі.

Результати досліджень показують, що «цвітіння» води за рахунок водоростей помічено тільки за концентрація фосфору у воді більше 0,01 мг/л.

Щодо охорони здоров’я людей, то дуже важливо, щоб вміст нітратів та токсичних речовин у питній воді не перевищував межі допустимої

концентрації. Всесвітня організація охорони здоров’я (ВОЗ) встановила межу допустимої концентрації нітратного азоту в питній воді, яка в помірних широтах становить 22, а в тропіках — 10 мг/л. Однак у районах, де інтенсивно застосовують азотні добрива часто вміст нітратного азоту в питній воді більше межі допустимої концентрації.

Втрати добрив за неправильного їх застосування бувають дуже значними, особливо при ранньовесняному або зимовому їх внесенні. Із стічними водами на полях, де є навіть незначний схил, може виноситися 50–100% азоту, 30–40% фосфору, 40–70 калію від внесеної кількості. Основна частка біогенних елементів (до 80–90% річного навантаження) надходить до водойм на весні з талими водами.

Отже, явище потрапляння макро- і мікроелементів до водойм є досить небезпечне, як для людини, так і для біосфери в цілому, тому варто раціонально і правильно підбирати дози, форми і строки внесення добрив під час вирощування всіх сільськогосподарських культур, в тому числі і нуту.

# ВИСНОВКИ

Дослідження були спрямовані на встановлення оптимальних доз мінеральних добрив у поєднанні з інокуляцією для забезпечення високих і якісних врожаїв. За результатами досліджень можна зробити наступні висновки:

1. Інокуляція мала позитивний вплив на утворення бульбочок на кореневій системі нуту і збільшувала їх кількість на 1,6–7,8 шт/рос, а от підвищення дози азотних добрив до 60 кг/га призвело до їх зменшення порівняно із дозою $N_{20}$ і $N_{40}$.
2. На збільшення площі листової поверхні найбільший впплив мало застосування азотних добрив, тому максимум даного показника відзначався у всі фази у варіанті досліду $N_{60}P_{40}K_{40}$.
3. Інокуляція насіння нуту перед сівбою сприяла підвищенню врожайності у всіх варіантах досліду, що вказує на доцільність її застосування. Поки що її вплив в межах 5–10 %, однак цей показник збільшуватиметься наступні рази через заселення в грунт відповідних мікроорганізмів.
4. За результатами досліду найбільша врожайність отримана у варіанті із внесенням $N_{60}P_{40}K_{40}$, однак такий важливий показник, як прибуток від вирощування вказує на те, що хоч і врожайність у варіанта досліду $N_{40}P_{40}K_{40}$ була дещо меншою, однак прибуток отримано вищий, тому для вирощування нуту рекомендується внесення NPK по 40 кг/га д. р. з передпосівною інокуляцією насіння бульбочковими бактеріями.

# СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Алєксєєв О. О. Вплив екологічних факторів на розвиток і продуктивність бобово-ризобіального симбіозу. Сільське господарство та лісівництво. *Екологія та охорона навколишнього середовища*. 2016. №4. С. 187–196.

2. Бабич А.О. Зернобобові культури / А.О. Бабич. - К.: Урожай, 1984. С. 122-140.

3. Бабич А. О., Побережний М. С., Бабич-Побережна А. А. Зернобобові культури у світовій економіці і розв'язанні глобальної продовольчої проблеми. Посібник українського хлібороба. 2013. №2. С. 95–99.

4. Бабич А.О. Селекція і розміщення виробництва сої в Україні. К. (Монографія): ФОП Данилюк В.Г. 2008. 216 с.

5. Бацула О. О., Скрильник Є. В., Савєнко П. Ф. Ефективність дії органо-мінеральних на основі дефекату при вирощуванні сільськогосподарських культур. Агрохімія і ґрунтознавство. 1992. Вип. 55. С. 71–77.

6. Білявський Г.О. Основи загальної екології / Г.О. Білявський, М.М. Падун, Р.С.Фурдуй - Київ: Либідь, 1993 – 233 с.

7. Богданович Р. П., Широконос А. М. Значення та баланс сірки в ґрунті. Агрохімія і ґрунтознавство : міжвід. темат. наук. зб. Спец. вип. : Ґрунти – основа добробуту держави, турбота кожного. Харків, 2006. Кн. 3. С. 8–10. 18. Санін Ю. В., Санін В. А. Особливості позакореневого підживлення сільськогосподарських культур мікроелементами. Агроном. 2013. №1. С. 34–36.

8. Бутинська Г.О., Антипчук А.Ф., Валагурова О.В. [та ін.] Мікробні препарати в рослинництві – важливий фактор біологізації землеробства. Оптимізація структури агроландшафтів і раціональне використання ґрунтових ресурсів: конф. ін–ту агроекології УААН: тез. доп. К. 2002. С. 20–24.

9. Бушулян О.В., Січкар В.І. Нут: генетика, селекція, насінництво, технологія вирощування. Одеса. 2009. 248 с.

10. Волкогон В. В. Коефіцієнти засвоєння діючої речовини з азотних добрив за використання мікробних препаратів. Агрохімія і ґрунтознавство. Міжвідомчий науковий тематичний збірник. Спец. вип.: Охорона ґрунтів від ерозії і техногенного забруднення, рекультивація, агрохімія, біологія ґрунтів. Харків, 2014. Кн. 3 С. 264–265.

11. Гирка А.Д., Бочевар О.В., Сидоренко Ю.Я., О. Врожайність зерна нуту залежно від агротехнічних заходів вирощування в умовах північного Степу України. Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України. 2013. № 4. С. 53–57.

12. Господаренко Г. М. Основи інтегрованого застосування добрив у польовій сівозміні. Київ: ЗАТ "Нічлава", 2002. 342 с.

13. Господаренко Г. М., Невлад В. І., Прокопчук І. В., Прокопчук С. В. Симбіотична азотфіксація та врожай. Умань : Видавець «Сочінський М. М.», 2017. 324 с.

14. Господаренко Г. М. Практикум з агрохімії. Київ: ТОВ «СІК ГРУП УКРАЇНА», 2020. 148 с.

15. Господаренко Г.М., Прокопчук С.В. Формування симбіотичного апарату та врожай нуту залежно від мінерального живлення та інокуляції насіння. Агробіологія. 2013. №11 (104). С. 158–160

16. Данильченко О. М. Вплив інокуляції насіння та фонів мінерального живлення на формування симбіотичного апарату чини та сочевиці. *Вісн. Сумського нац. аграрн. ун-ту*. 2012. Вип. 9. С. 121–124.

17. Дідович С.В. Ефективність нітрагінізації нуту / С.В. Дідович, М.З. Толкачов, Е.А. Шабанов, О.Л. Щігорцова // Агроекологічний журнал. – 2005. – № 2. – С. 48-51.

18. Дідович С.В. Ефективність симбіотичної азотфіксації в агроценозах України. Сільськогосподарська мікробіологія: міжвід. темат. наук. зб. Чернігів. 2008. Вип. 8. С. 117–125.

19. Дідур І.М., Темченко М.О. Вплив інокуляції насіння та позакореневих підживлень на продуктивність зерна нуту. Збірник наукових праць. Екологічні

проблеми сільського виробництва: всеукраїнська науково-практична конференція. 7 грудня 2016 р. Вінниця. 2016. С. 58-60.

*20.* ДСТУ ISO 520:2015. Зернові і бобові. Визначення маси 1000 зерен. Київ. 2015. 10 с.

21. Єремко Л. С. Удосконалення агротехнічних заходів вирощування нуту в умовах Лівобережного Лісостепу України. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2009. №4. С. 97–100.

22. Єщенко В. О., Копитко П. Г., Костогриз П. В., Опришко В. П. Основи наукових досліджень; за ред. В. О. Єщенка. Вінниця : ПП «ТД «Едельвейс і К», 2014. 332 с.

23. Жолобецький Г. Оптимальний коренеплід: технологія живлення step by step. Пропозиція, 2011. №3. С. 4–6.

24. Журнал АГРОНОМ https://www.agronom.com.ua/urozhajnist-nutu-zalezhno-vid-mineralnogo-zhyvlennya/

25. Інтернет-джерело: https://superagronom.com/nasinnya-nut/budjak-naan-ukrayini-id11277

26. Каленська С.М., Новицька Н.В., Барзо І.Т. Економічна ефективність вирощування нуту в умовах правобережного Лісостепу України. Сільськогосподарські науки. «Молодий вчений». № 10 (13). 2014 р. С. 18-20.

27. Каленська С.М., Новицька Н.В. Формування врожаю нуту під впливом елементів технології вирощування. Сільське господарство. Рослинництво. ВІСНИК Полтавської державної аграрної академії. № 2. 2012. С. 21–25.

28. Камінський В. Ф. Вплив інокулювання насіння на продуктивність сої у Північному Лісостепу України. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2006. №4. С. 84–92.

29. Каплун Г. Під час посухи вирощуємо нут // Пропозиція. - 2010.- № 11. С. 80-81.

30. Квітко Г.П. Перспективи вирощування нуту посівного в умовах Лісостепу України. Корми і кормовиробництво. Вип. 75.2013.С.113–119.

31. Лихочвор В. В. Моделі агротехнологій в Україні. *Вісник Львівського національного аграрного університету*. 2008. №12. С 170–178.

32. Марчук І. У. Мінеральне живлення та продуктивність цукрових буряків. Пропозиція, 2009. №7. С. 64–69.

33. Мойсієнко В.В. Наукове обґрунтування шляхів підвищення продуктивності нуту (Cicer arietinum l.) в Україні. *Вісник ЖНАЕУ*. 2017. № 2 (61). т. 1. С. 3–11.

34. Мордванюк М.О. Вплив елементів технології вирощування на врожайність нуту. Збірник наукових праць ВНАУ. Сільське господарство та лісівництво. 2020. № 16. С. 238-250.

35. Пістун І. П. Охорона праці в галузі сільського господарства (рослинництво): Навчальний посібник /І. П. Пістун, А. П. Березовський, С. А. Березовський. Суми: ВТД «Університетська книга» 2009. 368 с.

36. Пущак В.І. Продуктивність нуту залежно від рівня мінерального живлення в умовах Західного Лісостепу. Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН. 2018. С. 50–57.

37. Сємцов А.В., Бабич О.А. Реакція рослин сої на інокуляцію та внесення різних доз мінеральних добрив умовах центрального Лісостепу України. Вісн. аграр. науки. 2001. № 2. С. 71–72.

38. Тараріко Ю. О. Системи біоенергетичного аграрного виробництва. Київ: ДІА. 2009. С. 16.

39. Шевніков М.Я. Способи сівби і норми висіву сої в умовах Лівобережного Лісостепу України. Вісник ПДАА. 2004. № 3. С. 79–83.

40. Щигорцова О.Л., Дідович С.В., Віденська Г.Я. Мікробіологічні препарати різної функціональної дії в агротехнологіях вирощування нуту. Південна дослідна станція інституту сільськогосподарської мікробіології НААН України. 2009.

41. Chen C. Spring pea, lentil and chickpea response to phosphorus fertilizer / C. Chen, G. Jackson, K. Neill, J. Miller // Fertilizer. - 2006. - №38. - P. 29-30.

42. Mahler R.L. Chickpeas / R.L. Mahler // Northern Idaho fertilizer guide revised. - 2005. - №2 (April). - P. 1-3.

43. Mazur, V.A., Branitskyi, Y.Y., Pantsyreva, H.V.(2020). Bioenergy and economic efficiency technological methods growing of switchgrass. Ukrainian Journal of Ecology. 10 (2), 8-15. doi: 10.15421/2020_56.

44. Patel B.D. Effect of fertilizers and weed management practices on weed control in chickpea (Cicer arietinum L.) under middle Gujarat conditions / B.D. Patel, V.J. Patel, J.B. Patel, R.B. Patel // Indian J. Crop Science. 2006. №1. P. 180-183.

45. Scheer H. Chlorophylls and carotenoids. Encyclopedia of Biological Chemistry. 2004. P. 430–437.