

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інститут післядипломної освіти
Кафедра екології та охорони довкілля

Кваліфікаційна робота бакалавра

на тему: **Моделювання впливу мінерального живлення на продуктивність
вівса в умовах Одеської області**

Виконав студент V курсу групи E-V
спеціальності 101 – Екологія
Ярдимов Руслан Аслан огли

Керівник доктор філософії
Ільїна Анна Олександрівна

Рецензент к.геогр.н.
Костюкевич Тетяна Костянтинівна

Одеса 2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інститут післядипломної освіти

Кафедра екології та охорони довкілля

Рівень вищої освіти бакалавр

Спеціальність 101 - Екологія

(шифр і назва)

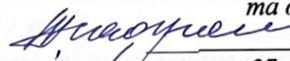
Освітньо-професійна програма Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування

(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри екології

та охорони довкілля

 Сафранов Т.А.

27 квітня 2023 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

студенту Ярдимову Руслану Аслан огли

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Моделювання впливу мінерального живлення на продуктивність вівса в умовах Одеської області

керівник роботи Льїна Анна Олександрівна, доктор філософії

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ОДЕКУ від 29 березня 2023 року № 33-«С»

2. Строк подання студентом роботи 14 червня 2023 року

3. Вихідні дані до роботи джерела інформації щодо вмісту мінеральних та органічних добрив у ґрунтах Одеської, Херсонської та Миколаївської областей; дані щодо екологічного стану ґрунтів території дослідження; інформація щодо сучасних підходів внесення мінеральних добрив

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1) Аналіз наукової та фахової літератури за темою дослідження

2) Визначення особливості росту і розвитку рослин вівса залежно від рівня мінерального живлення

3) Вивчення математичної моделі та методів дослідження

3) Визначення можливості використання моделі для умов Півдня України

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

1) Чинники підвищення врожайності сільськогосподарських культур (1 рис.).

2) Основні види мінеральних добрив та їх вплив на рослини (1 рис.).

- 3) Динаміка внесення мінеральних добрив в ґрунти України за 2012-2021 рр. (1 рис.).
- 4) Карта Півдня України (1 рис.).
- 5) Вміст азоту у ґрунтах Херсонської області по районах (1 рис.).
- 6) Вміст азоту у ґрунтах Одеської області по районах (у перерахунку на 100% поживних речовин) (1 рис.).
- 7) Вміст азоту у ґрунтах Миколаївської області по районах (у перерахунку на 100% поживних речовин) (1 рис.).
- 8) Вміст фосфору у ґрунтах Херсонської області по районах (1 рис.).
- 9) Вміст фосфору у ґрунтах Одеської області по районах (у перерахунку на 100% поживних речовин) (1 рис.).
- 10) Вміст фосфору у ґрунтах Миколаївської області по районах (у перерахунку на 100% поживних речовин) (1 рис.).
- 11) Вміст калію у ґрунтах Херсонської області по районах (1 рис.).
- 12) Вміст калію у ґрунтах Одеської області по районах (у перерахунку на 100% поживних речовин) (1 рис.).
- 13) Вміст калію у ґрунтах Миколаївської області по районах (у перерахунку на 100% поживних речовин) (1 рис.).

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
	немає		

7. Дата видачі завдання 27 квітня 2023 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1.	Оформлення супровідних документів до роботи. Складення змісту. Написання вступу.	27.04.23-30.04.23	80	4(добре)
2.	Ознайомлення з літературними джерелами за темою кваліфікаційної роботи. Збір вихідних даних.	01.05.23-08.05.23	70	4(добре)
3.	Вивчення математичної моделі, визначення її параметрів та методів проведення розрахунків	09.05.23-21.05.23	75	4(добре)
	Рубіжна атестація	22.05.23-26.05.23	75	4 (добре)
4.	Моделювання впливу мінеральних добрив на ріст та розвиток вівса	27.05.23-05.06.23	75	4(добре)
5.	Узагальнення отриманих результатів. Складення висновків та переліку посилань. Підготовка презентаційних слайдів і доповіді до захисту.	06.06.23-13.06.23	75	4(добре)
6.	Подання роботи керівнику на перевірку. і підпис. Встановлення ступеня оригінальності та оформлення протоколу. Складення висновку керівником.	14.06.23-18.06.23	-	-
7.	Укладення авторського договору на розміщення роботи в репозитарії ОДЕКУ.	19.06.23-21.06.23	-	-
8.	Подання КРБ на перевірку завідувачу кафедри, в деканат природоохоронного факультету для перевірки, підготовки наказу і подання. Рецензування роботи.		-	-
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)		75,0	

Студент

(підпис)

Керівник роботи

(підпис)

Ярдимов Руслан Аслан огли
(прізвище та ініціали)Ільїна А.О.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Ярдимов Руслан Аслан огли. Моделювання впливу мінерального живлення на продуктивність вівса в умовах Одеської області.

Овес вирощується у багатьох регіонах України, зокрема і чорноземних ґрунтах Півдня. Проте, його врожайність тут поки що залишається невисокою та нестабільною по рокам, хоча потенційні можливості культури дуже високі. Урожайність тої чи іншої культури в основному визначається технологією її обробітку, а саме умовами мінерального живлення та ефективними засобами захисту рослин. Однак, на жаль, у зоні південних чорноземів Півдня України дослідження мінерального живлення вівса не набуло широких масштабів.

Важливо, що Україна має всі необхідні природно-кліматичні та ґрунтові умови для вирощування вівса. З метою реалізації цих можливостей, що вимагають значних грошових вкладень, пошуку зниження собівартості поряд з організаційними методами необхідна розробка та впровадження у виробництво нових прийомів та технологій, що забезпечують якість та високий урожай вівса. Для отримання високої врожайності вівса необхідне поєднання сприятливих погодних умов та оптимальної забезпеченості культури елементами живлення, одним з головних агротехнічних заходів. Недостатня вивченість цього питання послужила основою вибору теми досліджень.

Мета кваліфікаційної роботи бакалавра – оцінити вплив мінерального живлення на ріст та розвиток вівса в умовах Одеської області за допомогою математичного моделювання.

Об'єкт дослідження стали рослини вівса в умовах Одеської області.

В якості вихідних даних використовувалась інформація про вміст основних складових мінеральних добрив у ґрунтах районів Одеської області за 2019 рік, а також біологічні особливості культури вівса.

За результатами дослідження було виявлено, що овес відноситься до культур, які гостро реагують на недостатню кількість мікроелементів. Тому рекомендовано вносити під цю культуру фосфорні добрива. Визначено розміри винесення та споживання на одиницю врожаю вівса азоту, фосфору та калію.

Робота складається зі вступу, 3 основних розділів, висновку, переліку посилань та додатку. Обсяг роботи складає 51 с., в т.ч. 13 рис., 5 табл. та 34 літературні джерела.

Ключові слова: мінеральні добрива, ґрунтово-рослинний покрив, моделювання, овес, оцінка.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	9
1.1 Сільськогосподарське значення та біологічні особливості досліджуваної культури	9
1.2 Вплив мінеральних добрив і біопрепаратів на врожайність вівса	12
2 УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	21
2.1 Агрохімічна характеристика ґрунту та метеорологічні умови території дослідження	21
2.2 Математична модель впливу мінерального живлення на рослини	24
3 ОЦІНКА ВПЛИВУ МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ НА РІСТ ТА РОЗВИТОК РОСЛИН ВІВСА В УМОВАХ ПІВДНЯ УКРАЇНИ	30
ВИСНОВКИ	44
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	46

ВСТУП

Разом з макроелементами для отримання високих та стабільних урожаїв ярих зернових культур велике значення мають мікроелементи, які споживаються рослинами в малих кількостях, але відіграють важливу роль у їхній життєдіяльності. Вміст їх у рослині обчислюється сотими і тисячними частками відсотка, але при цьому кожен з елементів виконує певні фізіологічні функції в організмі, і дефіцит якого-небудь з них призводить до припинення росту, захворювання, а при різкому голодуванні - і загибель рослин [1].

Управління росту та розвитку рослин за допомогою регуляторів росту – актуальне питання сьогодення, що дозволяє суттєво підвищити стресостійкість рослин при несприятливих погодних умовах і збільшити врожайність. Дослідження показують, що регулятори росту рослин підвищують ефективність використання мінеральних добрив і насамперед азотних під зернові та інші сільськогосподарські культури (їх застосування рівноцінно дії 30 кг/га азоту) [2]. Використання регуляторів росту та комплексних препаратів на основі мікроелементів дає можливість знизити негативне вплив на рослини несприятливих метеорологічних умов (нестачі вологи, низьких температур) і дозволяє отримувати більш стійку врожайність вівса.

Мета кваліфікаційної роботи бакалавра – оцінити вплив мінерального живлення на ріст та розвиток вівса в умовах Півдня України за допомогою математичного моделювання.

Об'єкт дослідження стали рослини вівса в умовах Одеської області.

Предметом дослідження є математична модель впливу мінеральних добрив на ріст та розвиток рослин вівса.

Основні завдання роботи полягають у наступному:

- вивчення особливості росту і розвитку рослин вівса залежно від рівня мінерального живлення;

- вивчення математичної моделі та методів дослідження;
- визначення можливості використання моделі для умов Півдня України;
- виконати моделювання мінерального живлення рослин вівса на території Півдня України та надати практичні рекомендації.

При виконанні кваліфікаційної роботи в якості теоретичної основи використана модель мінерального живлення сільськогосподарських культур. В якості вихідної інформації кваліфікаційної роботи використовувалась інформація про вміст основних складових мінеральних добрив у ґрунтах Півдня України за 2019 рік, а також біологічні особливості культури вівса.

1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1.1 Сільськогосподарське значення та біологічні особливості досліджуваної культури

Овес (*Avena sativa*) — однорічна злакова культура, яку вирощують переважно на корм та зерно. Сезонне цвітіння, або фенологія, є ключовим фактором урожайності вівса як культури. Овес є рослиною довгого дня чутливою до яровизації. У зерні вівса високий вміст білка (12-13%), вуглеводів (70%) та жиру (5-6%), що вказує на поживність і кормову цінність. Незамінним концентратом є зерно вівса корми для коней, великої рогатої худоби, птиці. 1 кг зерна відповідає 1 кормовій одиниці і містить 85-92 г перетравного протеїну. До складу білка зерна вівса входять усі незамінні амінокислоти (лізин, аргінін, триптофан). Білки вівсянки добре засвоюються. За якістю білка овес займає одне з перших місць перший серед зернових. Значну частину зерна становить крохмаль (40-45%), містить багато вітамінів. Вітамін В1 (тіаміну) у вівсі більше, ніж у пшениці та ячмені, а вміст вітаміну В2 (рибофлавін) у вівсі не відрізняється від інших злаків. Завдяки гарному засвоєнню білки, жири, вуглеводи і вітаміни, вівсяні продукти мають велике значення для дитини і дієтичне харчування. Овес також має лікувальне значення. [1].

Овес широко використовується в їжу - каші, печиво, кава. Вівсянка для випікання хліба є непридатний через відсутність якісної клейковини. Його можна додавати в пшеничне і житнє борошно, випічку деяких видів хліба. Вівсяна солома містить до 7% білків і понад 40% вуглеводів і є цінним кормом для тварин – 100 кг соломи містить 31 кормову одиницю. Овес – цінний компонент для вирощування однорічних травосумішей, на зелений корм та сіно.

У світовому виробництві зерна овес за посівними площами займає 6 місце після пшениці, рису, кукурудзи, проса, вівса. Частка в структурі

посівних площ зернових культур в Білорусі - 14,1%, в Канаді – 8%, в Польщі – 7,3%, Німеччині – 6,3%. В Україні вирощується переважно в Лісостепу та на Поліссі на площі с 0,5-0,6 млн. га або 5% світових посівних площ [4].

Середня врожайність по Україні (15,5 ц/га у 2015 р.) поступається ярому ячменю та пшениця. У сприятливі роки в окремих господарствах урожайність досягає 30-40 ц/га і вище. У світі падає інтерес до вівса як до кормової культури. Це пов'язано зі зниженням кількості коней, для яких овес є основним кормом. Якщо 1 кг вівса еквівалентний 1 кормовій одиниці, то 1 кг зерна кукурудзи - 1,34 к.о., овес 1,2 к.о., горох - 1,14 к.о., соя - 1,30 к.о., кормові боби - 1,15 к.о. Внаслідок цього посівні площі вівса за період за останнє 20-річчя зменшилися у всьому світі майже у 2 рази. [5].

Стосовно технології вирощування, овес вважається найменш вимогливою культурою до родючості ґрунту та попередників. В сівозміні овес слід сіяти першим після бобових, тоді він утворює високобілкове зерно і дає прибавку врожаю на 3-4 ц/га і більше. Чудові попередники вівса удобрені просапні культури такі як кукурудза та картопля. Овес не рекомендується сіяти після цукрових буряків, які висушують ґрунт і мають загальних шкідників. Добрим зерновим попередником є жито, пшениця і озимий ячмінь.

Передпосівний обробіток ґрунту під овес проводять так само, як і під ярий ячмінь. У зв'язку з тим, що овес є вологолюбива культура використовують прийоми, що сприяють накопичення вологи – це снігозатримання і якісний передпосівний ґрунт. Весняний обробіток ґрунту під овес традиційний для ярих культур і може включати боронування, вирівнювання та культивация. Він повинен забезпечувати рівномірне якісне загортання насіння під час посіву. Для вівса важливо забезпечити добре осідання ґрунту з нормально функціонуючою капілярною системою, тому що овес через плівчастість своїх зерен (25-30%) для проростання і подальшого росту та розвитку потребує більше вологи ніж пшениця, жито чи ячмінь. Тому що овес сіють дуже рано і посівні площі є відносно невеликі.

Овес характеризується високою куцистістю і добре реагує на збільшення площі живлення. Але швидкість куцання нижча порівняно з іншими зерновими культурами. На зріджених посівах спостерігається утворення надлишкових стебелів, що затримує дозрівання зерна, і як наслідок затримується збір урожаю та його якість погіршується.

У посушливу весну посіви необхідно коткувати кільчасто-шпоровими котками. Грунтова кірка (після дощу) знищуються легкими зубовими або голчастими боронами. При високій забур'яненості посівів вівса застосовують такі гербіциди: агрітокс, базагран М, базагран ХІТ, дікопур топ, лонтрел гранд тощо. За пізніх строків сівби овес більше уражається хворобами. Протруювання насіння захищає від ряд захворювань на ранніх стадіях росту. Щоб забезпечити високі врожаї, рекомендується обприскувати посіви в період вегетації.

1.2 Вплив мінеральних добрив і біопрепаратів на врожайність вівса

Сучасне сільськогосподарське виробництво зіткнулося з необхідністю вирішення з двох найважливіших проблем – гарантованої захисту сільськогосподарських культур від шкідників, хвороб і бур'янів і одночасно – захисту навколишнього середовища від техногенного забруднення. Проблема збереження родючості та підвищення якості ґрунтів сьогодні є одним із головних проблем землеробства. Останнім часом внаслідок збільшення виносу елементів живлення урожаєм сільськогосподарських культур дефіцит поживних речовин виріс вдвічі.

З метою підвищення врожайності сільськогосподарських культур необхідно регулярно застосовувати різні органічні, мінеральні, органомінеральні та біоорганічні добрива разом з правильною та послідовною агротехнікою, яка включає заходи боротьби з несприятливими впливами на ґрунт (засолення, ерозія тощо) (рис. 1.1).



Рис. 1.1 Чинники підвищення врожайності сільськогосподарських культур

Мінеральні добрива бувають прості та комплексні. Прості добрива містять якийсь один елемент (наприклад, азот або фосфор), а комплексні складаються з двох та більше компонентів (рис. 1.2).

Азотні добрива. Основний компонент групи азотних добрив, як відомо з назви – азот. Ці добрива сприяє розвитку надземної частини рослин і існують у 4-х формах:

- нітратна форма (натрієва та кальцієва селітра) в якій азот міститься у вигляді кислоти, легко розчинної у воді. Селітру вносять у ґрунт восени або ранньою весною, у невеликих дозах (передозування сприяє накопиченню у рослинах шкідливих для здоров'я людини нітратів);
- амонійна форма (сульфат амонію) –вносять у ґрунт восени, оскільки він досить слабо розчиняється у ґрунті, який слід розкислювати (сульфат амонію — фізіологічно кисле добриво);

- амідна форма (сечовина) – саме концентроване азотне добриво, яке у ґрунті перетворюється на вуглекислий амоній, необхідний отримання великого врожаю. Вноситься в ґрунт при розпушуванні або у вигляді водного розчину при поливі;
- амонійно-нітратна форма (аміачна селітра) – фізіологічно кисле добриво, одна частина якого легко розчиняється у воді та вільно переміщається у ґрунті, а інша уповільненої дії. Аміачна селітра застосовується для підживлення картоплі, буряків, зернових культур. Особливо ефективно у поєднанні з фосфором та калієм.

Нестача азоту робить листя та стебла дрібними, блідими та жовтуватими, вони сохнуть і опадають раніше терміну, а зерно не встигає визрівати. Позбавлена певної та достатньої кількості азоту рослина повільно розвивається, приносить низький урожай і майже не має імунітету до змін погодних умов, шкідників, хвороб тощо. При надлишку азоту у рослин утворюється багато великого листя і пагонів темно зеленого кольору, зерно розвивається пізніше звичайного, стає дрібнішими та урожай зменшується.

АЗОТНІ ДОБРИВА (N)	ФОСФОРНІ ДОБРИВА (P)	КАЛІЙНІ ДОБРИВА (K)
<input type="checkbox"/> сечовина <input type="checkbox"/> сульфат амонію <input type="checkbox"/> нітрат калію <input type="checkbox"/> селітра	<input type="checkbox"/> Суперфосфат <input type="checkbox"/> кісткове борошно	<input type="checkbox"/> хлористий калій <input type="checkbox"/> нітрат калію <input type="checkbox"/> сульфат калію <input type="checkbox"/> попіл
<input type="checkbox"/> <i>посилюють ріст стебел та листя</i>	<input type="checkbox"/> <i>прискорюють цвітіння та дозрівання</i>	<input type="checkbox"/> <i>посилюють зростання коріння, збільшують холодостійкість культури</i>

Рис. 1.2 Основні види мінеральних добрив та їх вплив на рослини

Фосфорні добрива – мінеральні добрива, що містять фосфор. До фосфорних добрив відносяться суперфосфат, подвійний суперфосфат, амофос, діамофос, томасшлак, фосфоритне та кісткове борошно і тощо. Сировиною для виробництва фосфорних добрив є апатити, фосфорити, кістки, сірчана та фосфорна кислоти.

Фосфор позитивно впливає на закладку квіткових бруньок, посилює зростання кореневої системи. З його допомогою краще утримується вода в рослинних клітинах, що значно впливає на стійкість культур до зниження температури, і навіть до посухи. Дефіцит фосфору проявляється у наступних загальних ознаках: синьо-зелені сліди на листі, старе листя і стебла стають фіолетовими, кінчики листя сохнуть, завертаються, деформація сходів, насіння, квіток, слабе проростання насіння.

Калійні добрива, крім збільшення врожайності, покращують якісні характеристики врожаю, сприяють підвищенню стійкості рослин до хвороб тощо. Калійні добрива, як правило, застосовуються в комплексі з азотними та фосфорними добривами. Для гармонійного розвитку зернових культур на один га площі необхідно внести 100-150 кг K_2O .

Кількість та якість зеленої маси вівса є наслідком його вегетативного росту, який посилюється збалансованою формою внесення азоту, особливо через комплексне підживлення. Наприклад, в Індії протягом зимового сезону фермери в зазвичай посівають овес із бобовими культурами, такими як нут, горох, люцерна тощо. Нут – бобова культура, яка зараз набуває популярності як культура в сівозміні, оскільки вона поповнює виснаження азоту в ґрунті завдяки своїй здатності біологічно фіксувати азот у коренях рослин. Сівозміна – підхід «інтенсивного вирощування» для збільшення виробництва, який забезпечує раціональне використання землі, зменшення ерозії, збільшення родючості ґрунту та підвищення продуктивності сільськогосподарських культур.

Овес відрізняється більш тривалим періодом вегетації, а, отже, і більшою тривалістю поглинання елементів живлення з ґрунту, що має

важливе значення для проростання особливо на бідних ґрунтах, оскільки у рослин значно розширюються можливості використовувати поживні речовини, що звільняються в процесі їхньої поточної мінералізації. Поглинання вівсом елементів живлення відбувається переважно від кущіння до настання воскової стиглості. До початку цвітіння рослини поглинають до 60-65% азоту та фосфору та приблизно 50-55% калію. На створення 1 т зерна та відповідної кількості побічної продукції врожаю овес споживає близько 25-35 кг N, 10-14 кг P₂O₅ та 28-32 кг K₂O. Овес може рости на кислих ґрунтах з рН_{KCl} 4,3-4,5, проте найбільш високі врожаї він дає на слабокислих та нейтральних ґрунтах з рН_{KCl} 5,8-6,4. Завдяки розвиненій кореневій системі та її високій поглинальній здатності овес добре використовує елементи живлення ґрунту та добрив, внесених у сівозміні під попередні культури.

Ефективність добрив значною мірою обумовлюється кліматичними умовами, особливостями агротехніки, родючістю та гранулометричним складом ґрунтів. Найбільш високі надбавки врожаю вівса від внесення мінеральних та органічних добрив спостерігаються у зоні достатнього зволоження на легких дерново-підзолистих та сірих лісових ґрунтах. На опідзолених та вилужених чорноземах ефективність добрив досить висока, але може помітно змінюватись в залежності від погодних умов. У міру підвищення родючості ґрунтів або зниження кількості опадів дія добрив слабшає, особливо це характерно для південних чорноземів та каштанових ґрунтів, де основним фактором, що лімітує врожайність сільськогосподарських культур, є вологозабезпеченість.

Оптимізація азотного живлення більш істотно впливає на врожайність і якість зерна вівса, ніж інших елементів. Для коригування доз азоту добрив проводять ґрунтову та/або рослинну діагностику мінерального живлення рослин, використовуючи ті ж методи відбору та аналізу проб, як і для інших зернових культур. За відсутності даних про вміст мінерального азоту в коренежитлом шарі ґрунту перед посівом вівса (результатів ґрунтової діагностики), дози азотних добрив встановлюють згідно з рекомендаціями

прилеглих наукових установ або досвіду передових господарств у даному районі.

У зоні достатнього зволоження на дерново-підзолистих та сірих лісових ґрунтах для отримання врожаю 40-45 ц/га після просапних культур рекомендується вносити 50-65 кг/га азоту, а після колосових – 70-90 кг/га, на чорноземах лісостепової зони - 60, а в південних степових районах -30-45 кг/га. Азотні добрива слід вносити один прийом перед посівом. Дробити дози азоту доцільно лише в тому випадку, якщо вони перевищують 90 кг/га та піщаних ґрунтах.

З підвищенням кількості мінеральних і органічних добрив, що застосовуються в сівозміні, істотно зростає їх післядія, дози добрив при тій же продуктивності посівів можуть знижені. Так, у досвіді ВІУА найбільший урожай вівса при систематичному застосуванні добрив спостерігався при дозах N60P60K60, подальше їх збільшення позитивно впливало тільки на вміст білка в зерні.

Дози фосфорних та калійних добрив визначають, як і під інші зернові культури, виходячи із вмісту рухомих фосфатів та обмінного калію у ґрунті, що систематично (через 5-7 років) контролюється агрохімічними центрами області (району). Поряд із вмістом у ґрунті рухомих форм елементів живлення при визначенні доз добрив під овес потрібно враховувати гранулометричний склад ґрунту та удобреність попередника.

У нечорноземній зоні на ґрунтах з низьким рівнем вмісту рухомих фосфатів та калію добрива вносять у дозах 80-90 кг/га P_2O_5 та K_2O , на добре окультурених ґрунтах – 50-60 кг/га. Фосфорні та калійні добрива застосовують восени під зяблеву оранку, азотні - у всіх зонах під передпосівну культивуацію; особливо ефективним є внесення 10-15 кг/га P_2O_5 у вигляді гранульованого суперфосфату або амофосу при посіві в рядки.

При обмежених ресурсах добрив необхідно враховувати, що овес добре використовує післядія добрив, тому розміщення його в сівозміні після

культур, що удобрюються (наприклад, картоплі) забезпечує збільшення врожаю до 4-5 ц/га.

Табл. 1 – Дози мінеральних добрив під овес на різних ґрунтах, кг/га

Ґрунти	Урожайність ц/га	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Дерново-підзолисті	35-40	70-90	80-90	60-70
Сірі лісові	35-40	60-80	80-90	60-70
Чорноземи вилужені	35-40	50-60	60-80	45-50
Чорноземи звичайні	20-25	40-45	40-50	-
Каштанові ґрунти	15-20	30-40	35-40	-

Поліпшення азотного живлення рослин, поряд із підвищенням урожайності, одночасно сприяє підвищенню вмісту білка в зерні. Вміст білка може збільшуватися також внаслідок дії несприятливих умов зростання рослин, що призводять до гальмування ростових процесів, але в цих випадках спостерігається помітне зниження врожайності. Це часто спостерігається степових посушливих умовах.

Збільшення доз азотних добрив під овес на дерново-підзолистому легкосуглинистому ґрунті з N₄₀ до N₁₂₀ на тлі P₆₀K₆₀ збільшувало врожайність з 28,5 до 45,6 ц/га і вміст білка в зерні на 1, 2-2,2%.

Великий вплив на врожай та якість вівса мають мікроелементи, серед яких найважливіше значення мають мідь, марганець, бор і цинк. Застосування цинку на дерново-підзолистому ґрунті з низьким вмістом цинку (1,9 мг/кг) підвищувало врожайність зерна вівса на 3,4 ц/га (з 53,0 до 56,4 ц/га). За даними вітчизняних вчених врожайність зерна вівса при некореневих підживленнях мідними добривами зростала на 2,5-3,5 ц/га, а при внесенні міді у ґрунт – на 3,5-4,2 ц/га.

2 УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Агрохімічна характеристика ґрунту та метеорологічні умови території дослідження

Тільки при якісному добриві ґрунту можна розраховувати на високий урожай. Серед великої різноманітності добрив найбільш оптимальним варіантом вважаються мінеральні добрива. Внесення мінеральних добрив у ґрунт дозволяє забезпечити рослини необхідною кількістю поживних речовин, без якого неможливий повноцінний розвиток рослин, так само помітно підвищується врожайність ґрунту, запобігає його виснаженню.

Станом на січень – лютий 2022 р. дефіцит азотних добрив у Європі становить близько 7 млн тонн, в Україні - майже 2 млн тонн. Донедавна через невисокі ціни та фізико-механічні властивості мінеральні добрива вносили в ґрунт на 80% поверхневим способом, 10% — одночасно з посівом і 10% — при підживленні посівів. Широке застосування поверхневого способу визначало те, що мінеральні добрива випускали переважно в порошкоподібному і дрібнокристалічному вигляді і вимагали ретельного перемішування і тривалого контакту з ґрунтом. Такі добрива загортали у ґрунт звичайними ґрунтообробними знаряддями під час оранки, культивації чи боронування. Ці засоби в тій чи іншій мірі локалізують мінеральні добрива в ґрунті, проте глибина їх загортання для кожного випадку відрізняється і не завжди відповідає потребам рослин.

На рис. 2.1 представлена динаміка внесення мінеральних добрив в ґрунти України за період з 2012 по 2021 роки. Починаючи з 2012 року обсяги внесення азотних добрив має тенденцію до збільшення. Так, якщо у 2012 році внесення азотних добрив становило 45 кг/га, то у 2021 році цей показник виріс до 95 кг/га. Також виросло внесення і фосфорних добрив – з 11 кг/га у 2012 році до 24 кг/ га у 2021 році. Теж саме стосується і калійних добрив. У

2012 році внесення калійних добрив становило 9,5 кг/га, а у 2021 році – 19,6 кг/га.

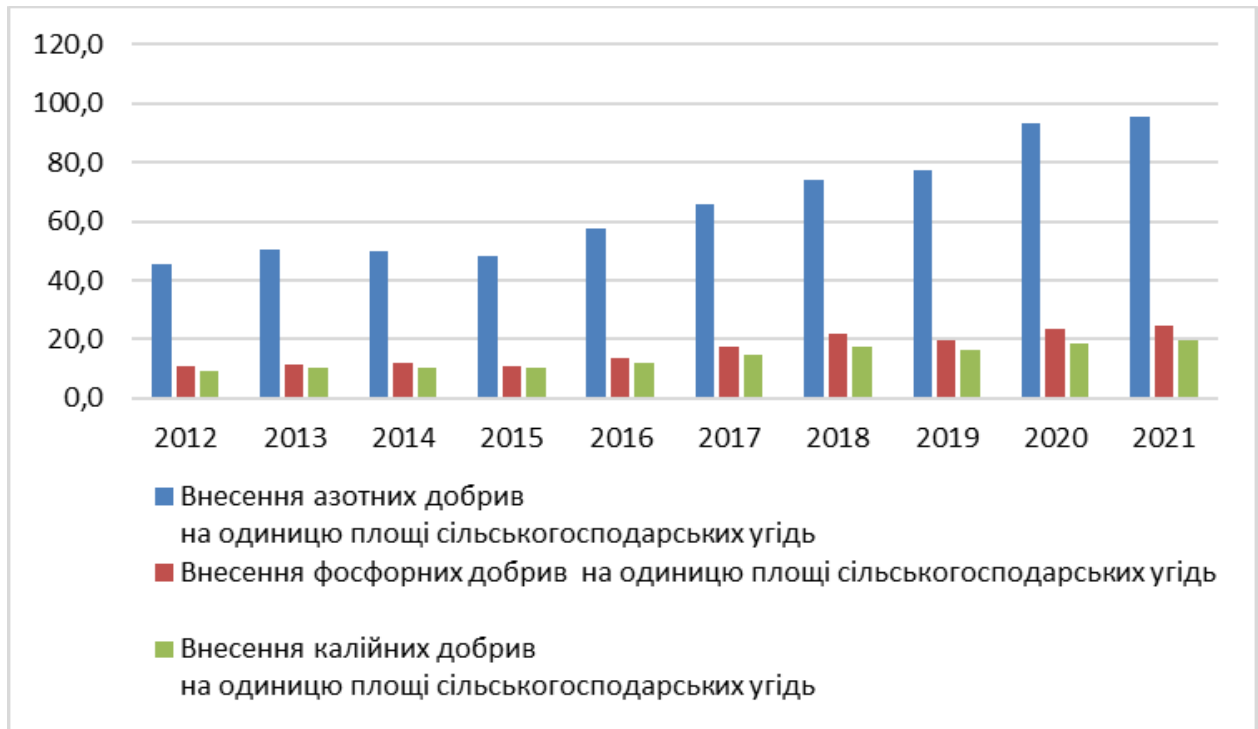


Рис. 2.1 Динаміка внесення мінеральних добрив в ґрунти України за 2012-2021 рр. , кг/га

Родючість землі значною мірою залежить від хімічного складу та фізичних властивостей поверхневого шару, який впливом множини формується під факторів: клімату, рельєфу місцевості, вологи, повітря, тепла, рослинного покриву, наявності живих організмів та мікроелементів.

Чорнозем, як правило, утворюється під багатою трав'янистою рослинністю на карбонатних породах. Завдяки помірній кількості опадів із залишків перегнаних рослин утворюється велика кількість поживних речовин, які накопичуючись у ґрунті, створюють потужний гумусовий родючий горизонт (гумус є найважливішою органічною речовиною, що забезпечує родючість землі, оскільки містить всі необхідні елементи для повноцінного живлення більшості рослин).

Український чорнозем знаходиться у лісостеповій та степовій зонах. ці ґрунти мають насичений сірий колір, багаті на гумус і оптимально зволожені, а товщина гумусового горизонту може досягати метра і навіть більше. Ці землі займають близько шістдесяти відсотків території України та вирізняються високою якістю родючого шару, структура якого добре утримує вологу. Зміст гумусу в чорноземних ґрунтах може сягати п'ятнадцяти відсотків. При цьому реакція рН (кисотно-лужний баланс) зазвичай нейтральна і ідеально підходить для вирощування більшості сільськогосподарських культур.

Темно-каштанові та каштанові ґрунти поширені на півдні Причорноморської низовини та в північній частині Степового Криму, де кліматичні умови дуже посушливі. Верхній шар ґрунту має цілком прийнятну потужність (до п'ятдесят сантиметрів), але вміст гумусу в ньому невисоке (не більше чотирьох відсотків).

Південь України, Степова Україна – найбільший (250 тис. км²) історико-географічний регіон України між Чорним та Азовським морями на півдні та лісостепом на півночі.

Найбільшу частину Південної України займає Причорноморська низовина, що на сході переходить у вузьку Приазовську низовину. Причорноморська низовина – це акумуляційна рівнина висотою до 150 м, слабо розчленована долинами, ярами, балками та ярами. Річкова мережа на Південній Україні не густа, але її перетинають потужні річки: Дунай, Дністер, Південний Буг з Інгулом, Дніпро з Інгульцем, Ореллю, Самарою та іншими притоками та Дон; ряд невеликих річок тече до Чорного (Когильник, Великий і Малий Куяльник, Тілігул та ін.) та Азовського (Салгір, Молочна, Обіточна, Берда, Кальміус, Міус та ін) морям; більшість із них впадає в озера чи лимани.

Розміщення ґрунтів та рослинності на Південній Україні виявляє зональність, яка залежить від вологості; у північній — найбільш вологій смузі поширені звичайні середньогумусні, а далі малогумусні чорноземи (6—

8 % гумусу), у південному Степу — південні чорноземи (4—6 % гумусу), які над морем переходять у темно-каштанові та каштанові ґрунти (2,5— 3% гумусу) у поєднанні з солончаками. У долинах річок поширені алювіальні торф'яно-лугові ґрунти, іноді чорноземні на пісках.



Рис. 2.1 – Карта Півдня України

Територією дослідження в роботі була Одеська область, але для більш детального аналізу та порівняння вмісту мінеральних добрив у ґрунтах нами були розглянуті Херсонська та Миколаївська області.

Одеська область розташована на південному заході України, яка займає 33,3 тис. кв. км. території Північно-Західного Причорномор'я. Населення регіону – 2,4 млн. людина, представники 133 національностей. Загальна довжина морської берегової лінії в межах області перевищує 300 км. Широкий вихід у Азово-Чорноморський басейн та до великим річковим

магістралям визначає стратегічно вигідне становище області у розвиток транспортної інфраструктури.

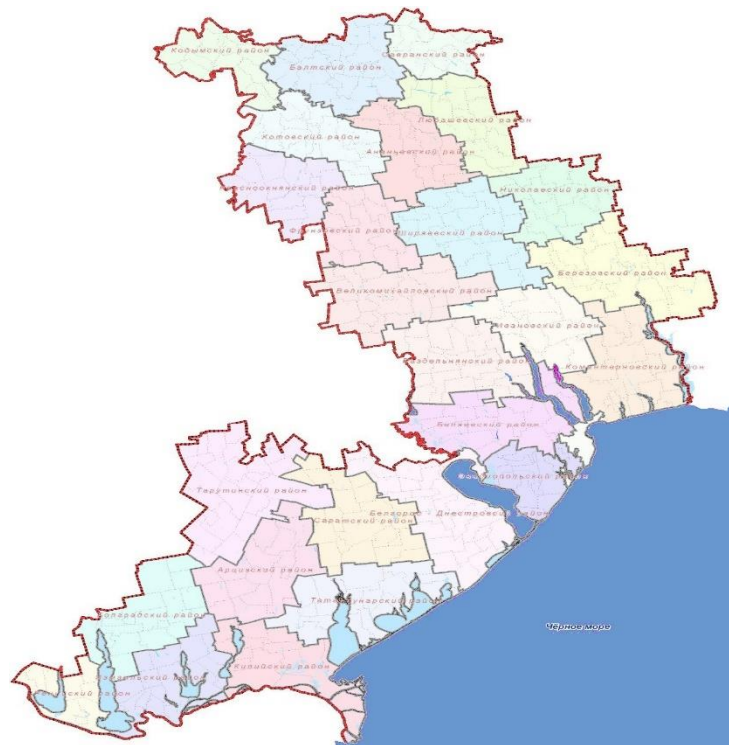


Рис. 2.1а – Карта Одеської області

Земельний фонд області складає 3,3 млн. га, з них 2,6 млн. га - землі сільськогосподарського призначення. Основний напрямок сільського господарства області – рослинництво. Через неправильну систему землеробства в Україні, і, зокрема, в Одеському регіоні, ґрунти втратили значну частину гумусу, найродючіші у світі чорноземи перетворилися на ґрунти із середнім рівнем родючості і ситуація продовжує погіршуватися.

До виснаження ґрунтів наводять їх інтенсивне використання, а саме оранка земель на Одещині дуже висока і становить понад 80%. Для переходу на ґрунтозахисне та екологічнобезпечне землеробство потрібно частину орних земель вивести з обробки під ліси, луки, пасовища, водоймища, заповідні та рекреаційні зони.

Херсонська область — адміністративно-територіальна одиниця України, розташована на півдні країни, по двох берегах нижньої течії Дніпра. На заході межує з Миколаївською областю, на півночі — з Дніпропетровською областю, на сході — із Запорізькою областю, на півдні — з Автономною Республікою Крим. Знаходиться на березі Чорного та Азовського морів. Площа області складає 28,4 тис. км², адміністративний центр - Херсон, великі міста - Нова Каховка, Каховка та Альошки.

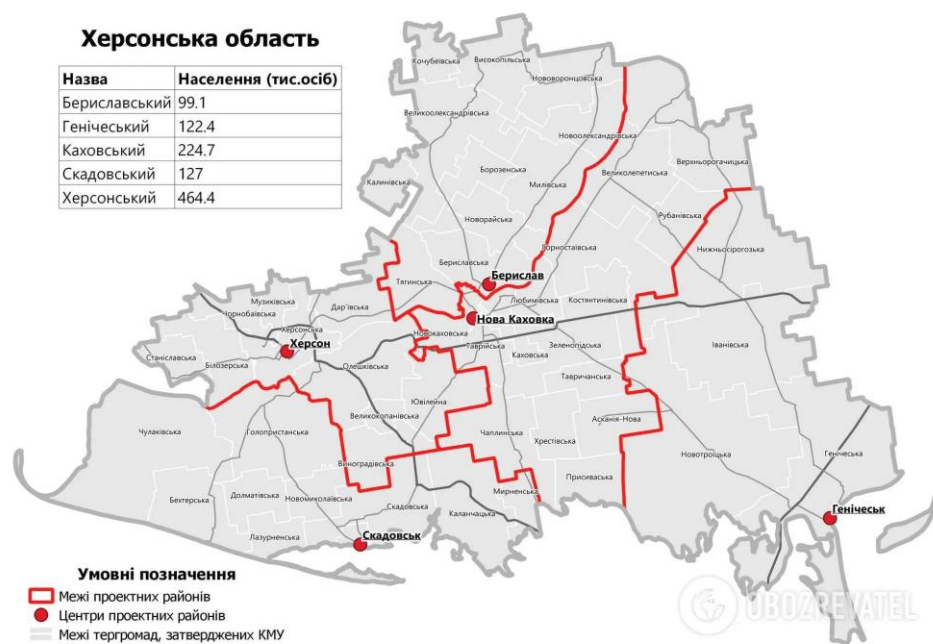


Рис. 2.16 – Карта Херсонської області

Херсонщина славиться виробництвом сільськогосподарської продукції високої якості завдяки достатній кількості тепла, світла та родючим ґрунтам. Але територією області види ґрунтів поширені нерівномірно. Так, у північних районах переважають південні чорноземи, які на південь переходять у каштанові ґрунти в комплексі із солонцями та солончакми. У західній частині лівобережжя Дніпра та Дніпровського лиману знаходяться знамениті Олешківські піски.

Лімітуючим фактором в області є недостатня кількість природної вологи, тому для високих та стійких урожаїв необхідне зрошення. Ґрунтово-

кліматичні умови області дозволяють отримувати по два врожаї на рік. При цьому ґрунти Херсонщини використовуються втричі інтенсивніше, ніж у середньому по Україні.

Чорноземні та каштанові ґрунти області сформувалися в основному на лісових породах. Недостатнє зволоження призводить до накопичення у ґрунті значної кількості легкорозчинних солей. А рівнинна місцевість зумовила велику строкатість засолених ґрунтів. Для отримання високих та стійких урожаїв на чорноземних та каштанових ґрунтах необхідно проводити гіпсування, вносити органічні та мінеральні добрива, боротися з водною та вітровою ерозією.

Миколаївська область розташована у південній частині України. Адміністративний центр та найбільше місто - Миколаїв, інші великі міста - Первомайськ, Южноукраїнськ, Вознесенськ, Новий Буг, Очаків, Снігурівка, Баштанка, Нова Одеса. За формою рельєфу територія Миколаївської області – слабохвиляста степова рівнина. Ця полога поверхня з невеликою кількістю розвинених поблизу річкових долин ярів та балок нахилена у бік Чорного моря. На півночі абсолютні висоти вододілів досягають 75-85 м, на півдні – не перевищують 50 м.

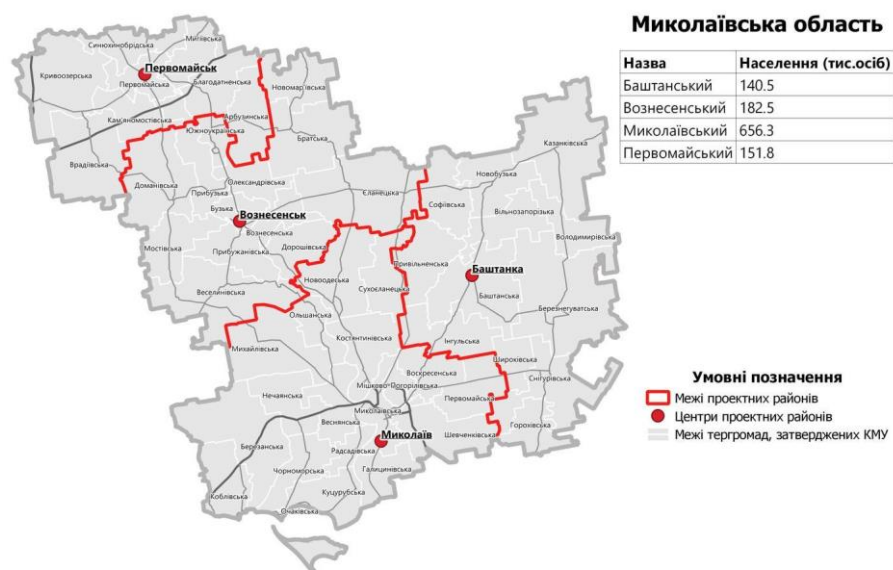


Рис. 2.1в – Карта Миколаївської області

На Миколаївщині налічують близько 1997 тисяч гектарів сільськогосподарських угідь, у тому числі на ріллі припадає 1698 тисяч гектарів. Як бачимо, переважна кількість земель віддано під посіви. В області ґрунтовий покрив ділиться на глибокий чорнозем, звичайний чорнозем та темно-каштанові ґрунти. Всі ці види ґрунтів розміщені на півночі області, півдні та приморській смузі.

Основна і найважливіша складова частина посівних ґрунтів є гумус – від кількості гумусу у ґрунті залежить родючість земель. Ще одним важливим показником ґрунту є кількість рухомих фосфатів. Фосфор у складі мінеральних сполук бере гору над кількістю органічних сполук. В органічних сполуках фосфор в основному міститься в тому ж гумусі, близько 50-70% загального вмісту орґанофосфатів. Для відновлення кількості фосфатів слід вносити у ґрунт фосфорні добрива. Такі добрива насичені не рухомими фосфатами, які збагачують ґрунт і не завдають шкоди культурним рослинам. Найбільша кількість рухомого фосфору зафіксована у Новобузькому, Баштанському, Жовтневому, Казанському, Березнегуватому та Снігурівському районах. У цих областях масово засіваються ґрунти під культурні рослини, і цього фермера вносять необхідні добрива.

2.2 Математична модель впливу мінерального живлення на рослини

Структура моделі визначається виходячи з закономірностей формування гідрометеорологічного режиму в системі "ґрунт - рослина - атмосфера" і біологічних уявлень про ріст і розвиток природної чагарникової рослинності під впливом чинників зовнішнього середовища. У основі моделі лежить система рівнянь радіаційного, теплового і водного балансів, балансу біомаси і радіонуклідів у рослинному покриві.

Радіаційний баланс рослинного покриву можна уявити у вигляді суми довгохвильової і короткохвильової радіації:

$$R_L = Q_L + F_L \quad (2.1)$$

$$R_S = Q_S + F_S \quad (2.2)$$

де R_L і R_S - радіаційний баланс рослинного покриву (РП) і поверхні ґрунту (ПГ); Q_L , Q_S - кількість поглиненої короткохвильової радіації РП і ПГ; F_L , F_S - величини балансу довгохвильової радіації РП і ПГ.

Величина балансу довгохвильової радіації визначається за допомогою наступних формул [27]:

$$F_L = (F_A + \varepsilon_S \sigma T_S^4 - 2\varepsilon_L \sigma T_L^4)(1 - e^{-kL}), \quad (2.3)$$

$$F_S = F_A e^{-kL} - \varepsilon_S \sigma T_S^4 + \varepsilon_L \sigma T_L^4(1 - e^{-kL}), \quad (2.4)$$

де F_A - противипромінювання атмосфери; ε_L і ε_S - коефіцієнти сірості листя; σ - стала Стефана - Больцмана; T_L і T_S - температура листя і ґрунту; k - емпіричний параметр орієнтації листя.

Вологоперенесення у ґрунті. Рівняння потоку води в системі "ґрунт - корінь" розглядається аналогічно одночасно як насичене і ненасичене середовище[28]:

$$\frac{\partial \psi}{\partial t} = \frac{1}{C(\psi)} \frac{\partial}{\partial z} \left[K(\Theta) \left(\frac{\partial \psi}{\partial z} + 1 \right) \right] - \frac{S(\psi)}{C(\psi)}, \quad (2.5)$$

де $\frac{\partial \psi}{\partial t}$ - потенціал тиску ґрунтової води; $C(\psi) = \frac{d\Theta}{d\psi}$ - диференціальна вологоємність; $K(\Theta)$ - гідравлічна провідність; $S(\psi)$ - поглинання води коренями; t - час; z - вертикальна координата.

Транспірація рослинного покриву визначається за допомогою формули Пенмана[28]:

$$T_r = \frac{\Delta \left(\frac{R_L}{\lambda} \right)}{\Delta + \gamma_{ef}} + \frac{ET_{pot}}{\Delta + \gamma_{ef}}, \quad (2.6)$$

де $\Delta \left(\frac{R_L}{\lambda} \right)$ - нахил кривої залежності тиску насиченої водяної пари від температури повітря; γ_{ef} - ефективна психрометрична постійна; R_L - радіаційний баланс РП; ET_{pot} - випаровуваність.

Випаровуваність визначається за допомогою рівняння[29]:

$$ET_{pot} = \frac{(e_s - e_a) \rho c_p}{r_a}, \quad (2.7)$$

де e_s - тиск насиченої пари при даній температурі повітря; e_a - фактичний тиск водяної пари; ρ - щільність повітря; c_p - теплоємність повітря; r_a - опір примежового шару.

Випаровування із поверхні ґрунту E_S визначається як[29]:

$$E_S = \frac{(\Delta R_S) 1,26}{\Delta + \gamma}, \quad (2.8)$$

Фонд вільних вуглеводів рослин на кожному часовому кроці являє собою баланс продуктів фотосинтезу і продуктів розпаду тканин, які старіють, а також витрат на дихання[29]:

$$\frac{dC_{lab}}{dt} = \Phi + C_{hydr} - R, \quad (2.9)$$

де C_{lab} - фонд вільних вуглеводів; Φ - маса продуктів фотосинтезу посіву; C_{hydr} - маса вуглеводів, що утворюються при розпаді тканин, які старіють; R - витрати вуглеводів на дихання посіву.

Процес фотосинтезу листя описується з врахуванням впливу на фотосинтез рівня мінерального живлення, фази розвитку рослин, температурного режиму і вологозабезпеченості посівів[30]:

$$\frac{d\Phi}{dt} = \frac{1}{1/\Phi_{pot}K_{\Phi}(N_{str}^L) + 1/a_C C_0 + 1/a_{\Phi}\Pi} \min \left\{ \alpha_{\Phi}, \Psi_{\Phi}, \frac{ET}{ET_{pot}} \right\}, \quad (2.10)$$

де Φ_{pot} - інтенсивність потенційного фотосинтезу; a - нахил вуглекислотної кривої фотосинтезу; C_0 - концентрація CO_2 у повітрі; a - нахил світлової кривої фотосинтезу; Π - поглинена рослинним покривом фотосинтетично активна радіація; α_{Φ} - онтогенетична крива фотосинтезу; Ψ_{Φ} - температурна крива фотосинтезу; $K_{\Phi}(N_{str}^L)$ - коефіцієнт забезпеченості рослин елементами мінерального живлення.

Приймається, що формування фонду вільного азоту на кожному часовому кроці йде за рахунок поглинання азоту з ґрунту, продуктів розпаду тканин і витрат на відновлення життєдіяльних структур тканин[30]:

$$\frac{dN_{lab}}{dt} = N_{abs} + N_{hyd} - N_{sen}, \quad (2.11)$$

де N_{lab} - фонд вільного азоту; N_{abs} - кількість поглиненого з ґрунту азоту; N_{hydr} - кількість азоту, що утвориться при розпаді білка; N_{sen} - витрати на відновлення білка.

Процес поглинання азоту рослиною з ґрунту йде активним шляхом і пасивним – виносом азоту з транспіраційною течією[30]:

$$\frac{dN_{abs}}{dt} = \frac{N_{abs}^{\max} \bar{N}_{s.r.} m_r^n}{K_{abs}^N + \bar{N}_{s.r.}} K_{abs}^N (T_s) + T \bar{N}_{s.w.}, \quad (2.12)$$

де N_{abs}^{\max} - максимальна швидкість поглинання азоту коренем;
 $\bar{N}_{s.r.}, \bar{N}_{s.w.}$ - концентрація азоту відповідно на поверхні коріння і в
 ґрунтовому розчині; K_{abs}^N - константа Міхаеліса-Ментен; $K_{abs}^N (T_s)$ -
 функція впливу температури ґрунту на швидкість поглинання азоту коренем .

Динаміка біомаси надземної і підземної частин рослин та окремих
 органів визначається з врахуванням потреб цих частин рослин в асимілятах.

Приріст маси знаходиться як сума вільних вуглеводів і азоту[30]:

$$\frac{dm}{dt} = \frac{dC_{lab}}{dt} + \frac{dN_{lab}}{dt}. \quad (2.13)$$

Розподілення приросту маси між надземною і підземною частинами
 рослин виконується за допомогою рівняння виду[30]:

$$\frac{dm_{shoot}}{dt} = \beta_{shoot}^m \frac{dm}{dt}, \quad (2.14)$$

$$\frac{dm_{root}}{dt} = \left(1 - \beta_{shoot}^m\right) \frac{dm}{dt}, \quad (2.15)$$

де β_{shoot}^m - співвідношення надземної і підземної частин рослин.

Вплив забезпеченості елементами мінерального живлення на
 продуктивний процес рослин визначається нами за принципом Лібіха з
 урахуванням функції забезпеченості азотом K_N , фосфором K_P і калієм K_K

$$K(NPK) = \min(K_N, K_P, K_K) \quad (2.16)$$

де $K(NPK)$ – коефіцієнт забезпечення рослин елементами мінерального живлення.

Значення функцій найбільш можливого азотного, фосфорного і калійного живлення визначаються по таких рівняннях:

$$K_N = (N/N_{opt})^{1..35} \cdot \exp[1.1 \cdot (1 - N/N_{opt})] \quad (2.17)$$

$$K_P = (P/P_{opt})^{1..35} \cdot \exp[1.1 \cdot (1 - P/P_{opt})] \quad (2.18)$$

$$K_K = (K/K_{opt})^{1..35} \cdot \exp[1.1 \cdot (1 - K/K_{opt})] \quad (2.19)$$

де N – сумарна кількість N , P_2O_5 , K_2O еквівалентне використаному мінеральному добриву, кг/га; N_{opt} , P_{opt} , K_{opt} – оптимальна кількість N , P_2O_5 , K_2O , необхідне для отримання максимального урожаю, кг/га.

Сумарна кількість N , P_2O_5 , K_2O розраховуватиметься по формулах:

$$N = m_N N_n + N_m + m_{NO} N_o \quad (2.20)$$

$$P = m_P P_n + P_m + m_{PO} P_o \quad (2.21)$$

$$K = m_K K_n + K_m + m_{KO} K_o \quad (2.22)$$

де m_N, m_P, m_K – коефіцієнти еквівалентності легкогідролізного азоту (m_N), по Корнфілду, рухомому фосфору (m_P) і калію (m_K), по Кирсанову, в ґрунті, кг/мг100г; m_{NO}, m_{PO}, m_{KO} – коефіцієнти еквівалентності азоту (m_{NO}), фосфору (m_{PO}) і калія (m_{KO}) органічного добрива, кг/кг; N_n, P_n, K_n – легкогідролізний азот (N_n) рухомий фосфор (P_n) і калій (K_n) в рік проведення аналізу, мг/100г ґрунту; N_o, P_o, K_o – азот, фосфор і калій органічного добрива, яке вносилося в рік отримання урожаю, кг/га; N_m, P_m, K_m – азот, фосфор і калій мінерального добрива, яке вносилося в рік отримання урожаю, кг/га.

Розглядається також поглинання азоту активним і пасивним шляхом:

$$\Delta N / \Delta T = [(N_{\max} \cdot N_{\text{сер.}} \cdot m_r) / N_0 \cdot N_n] \cdot K \cdot E \cdot N_p \quad (2.23)$$

де $\Delta N / \Delta T$ - швидкість поглинання азоту корінням рослин, $\text{мгNм}^2\text{доб}^{-1}$;

N_{\max} - максимально можлива швидкість поглинання азоту корінням, мгNкг^{-1} ; $N_{\text{сер.}}$ - середня кількість азоту у шарі ґрунту; N_n - концентрація доступного азоту біля поверхні кореня, гм^{-2} ; m_r - маса кореня, гм^{-2} ; N_0 - початкова кількість азоту у шарі ґрунту; K - константа Михаеліса-Ментен, мгNкг^{-1} ; E - інтенсивність транспірації, $\text{кгм}^{-2}\text{доб}^{-1}$; N_p - концентрація доступного азоту в ґрунтовому розчині, мгNкг^{-1} [30]

3 ОЦІНКА ВПЛИВУ МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ НА РІСТ ТА РОЗВИТОК РОСЛИН ВІВСА В УМОВАХ ПІВДНЯ УКРАЇНИ

Азоту належить важлива роль процесах новоутворення гумусових речовин. Акумуляція азоту у ґрунті є характерною ознакою ґрунтоутворення, а запаси загального азоту визначають потенційну родючість. Будучи наймобільнішим елементом, азот добрив і ґрунту може губитися в результаті міграції в нижчі горизонти ґрунту, втрачається в газоподібному стані, закріплюється в кристалічній решітці мінералів і в плазмі мікроорганізмів.

Валова кількість азоту у ґрунтах змінюється від 0,02-0,05 % у дерново-підзолистих піщаних до 0,2-0,5 % у чорноземах. У ґрунтоутворювальних породах азоту майже немає. Ґрунтовий азот перебуває переважно у складі органічної речовини – гумусу (1/20 - 1/40 частина його відсоткового змісту). Цей азот рослинам недоступний. Однак протягом теплої пори року частина гумусу (1-2% його вмісту) розкладається мікроорганізмами і азот вивільняється у доступній для рослин формі.

Для аналізу вмісту азоту у ґрунтах Херсонської, Одеської та Миколаївської областей були використані данні за 2013 рік (рисунок 3.1 - 3.3).



Рис. 3.1 – Вміст азоту у ґрунтах Херсонської області по районам, %

З рисунку 3.1 видно, вміст азоту в ґрунтах Херсонської області розподілений нерівномірно. Так, максимальні значення вмісту азоту спостерігаються у Горностаївському та Чаплинському районах і становить 42,3% та 42,0 % відповідно. Мінімальне значення спостерігаються у Верхньорогачицькому районі – 6,3% та Цюрупинському районі – 7,1%. Середнє значення для всіх районів складає 23,3%.

Вмісту азоту в ґрунтах Одеської області представлений на рис. 3.2.

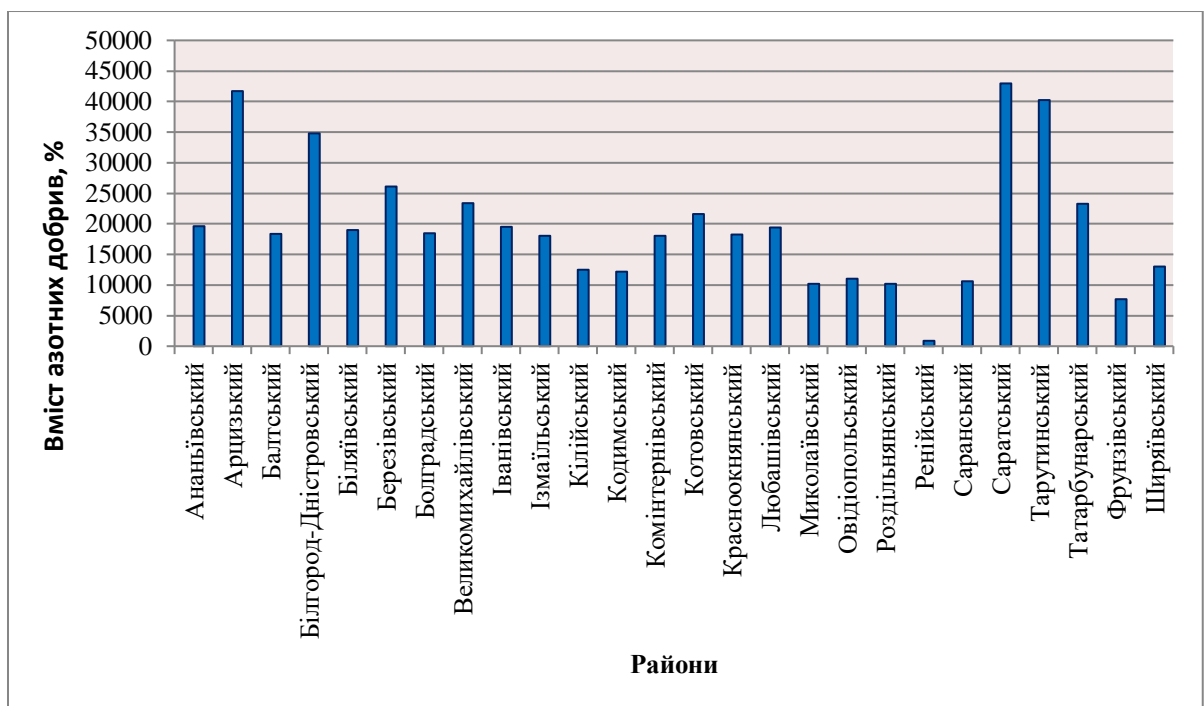


Рис. 3.2 - Вміст азоту у ґрунтах Одеської області по районах (у перерахунку на 100% поживних речовин), %

Як видно з рисунку 3.2, азотні добрива вносяться в найбільшій кількості у Арцизькому (42000 %), Саратському (43000 %) та Тарутинському (40188 %) районах. Найменша кількість вноситься у Ренійському районі і становить 894 %.

На рисунку 3.3 представлений вміст азотних добрив у ґрунтах Миколаївської області по районах, з якого можна побачити, що найбільший

вміст азоту спостерігається у Казанському (40679 %), Снігурівському (40200 %) та Березнегуватському (34772 %) районах.

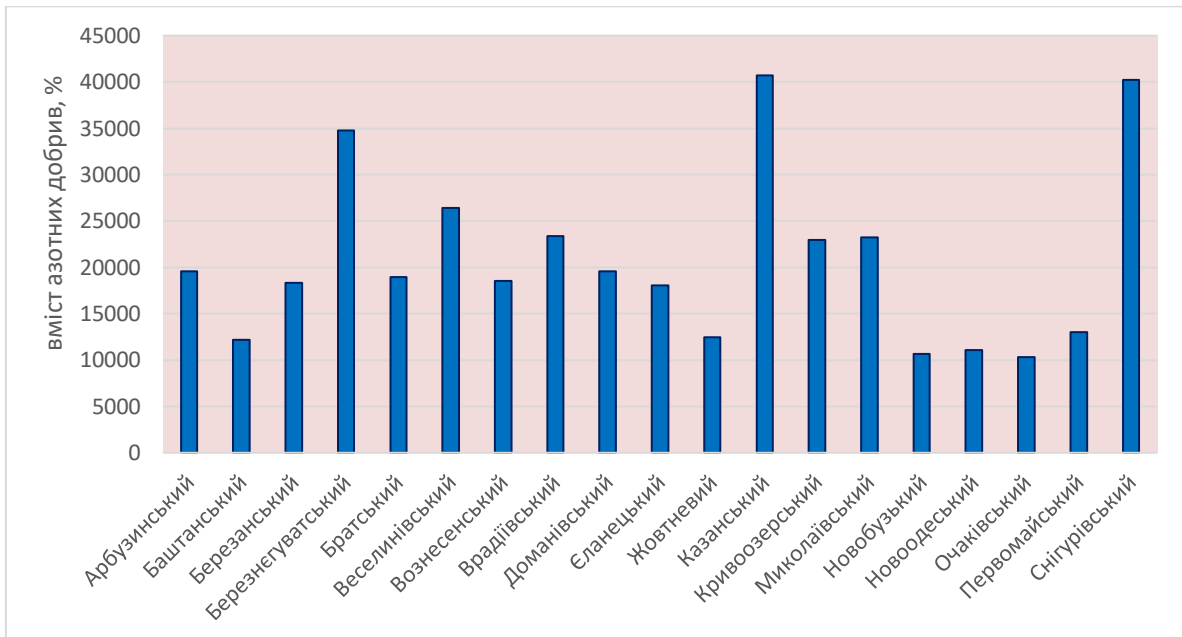


Рис. 3.3. - Вміст азоту у ґрунтах Миколаївської області по районах (у перерахунку на 100% поживних речовин), %

Фосфор відносно стійкий у ґрунті і не втрачається так легко як N в результаті випаровування та вимивання. Висока стійкість (низька розчинність) фосфору у ґрунтах є безпосередньою причиною нестачі ґрунтового фосфору для рослин. Якби розчинність фосфору можна було підвищити, то невеликі кількості фосфору у ґрунті швидко набули б першорядного значення.

Фосфор є «дефіцитним» елементом, оскільки у світі запаси фосфатної сировини (апатитів і фосфоритів) для добрив невеликі. Загальні запаси фосфору (валовий) у ґрунтах невисокі і становлять 0,05-0,25 % (від 1 до 5 т/га в орному шарі 0-20 см). Більша частина (приблизно 90%) його знаходиться в невідомій або важкозасвоюваній для рослин формі, а фосфор добрив сильніший, ніж азот і калій, закріплюється ґрунтами в нерухомі форми.

Природних шляхів відновлення запасів фосфору на відміну азоту в ґрунтах немає.

На рисунку 3.4 представлений вміст фосфору у ґрунтах Херсонської області. Аналізуючи діаграму, можна сказати, що в основному вміст фосфору по районах Херсонської області розподілений рівномірно. Але спостерігається максимальне його значення у Верхньорогачицькому районі і дорівнює 55,2%. Мінімальне значення вмісту фосфору у ґрунті спостерігається у м. Нова Каховка і дорівнює 8,3%. Середнє значення для всіх районів складає 25,3%.

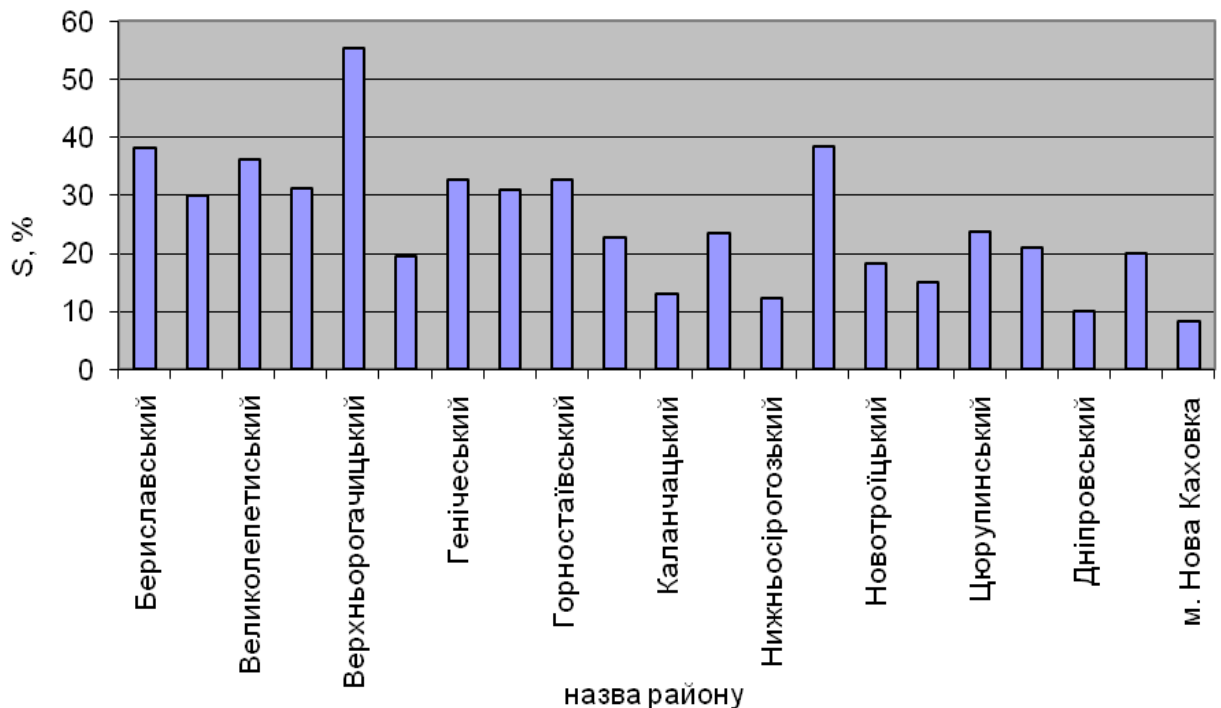


Рис. 3.4 – Вміст фосфору у ґрунтах Херсонської області

На рис. 3.5 представлений вміст фосфору у ґрунтах Одеської області. Аналізуючи графік можна сказати, що найбільша кількість фосфорних добрив вноситься в районах - Тарутинському та Ширяївському, 8836% і 7960 % (на 100 % поживних речовин) відповідно. Найменша кількість у районах Ренійському – 176 % та Фрунзівському – 207 %. Зміст органічного фосфору у ґрунтах пов'язане із вмістом у них органічної речовини, величиною рН, гідротермічним режимом та системою обробки ґрунтів.

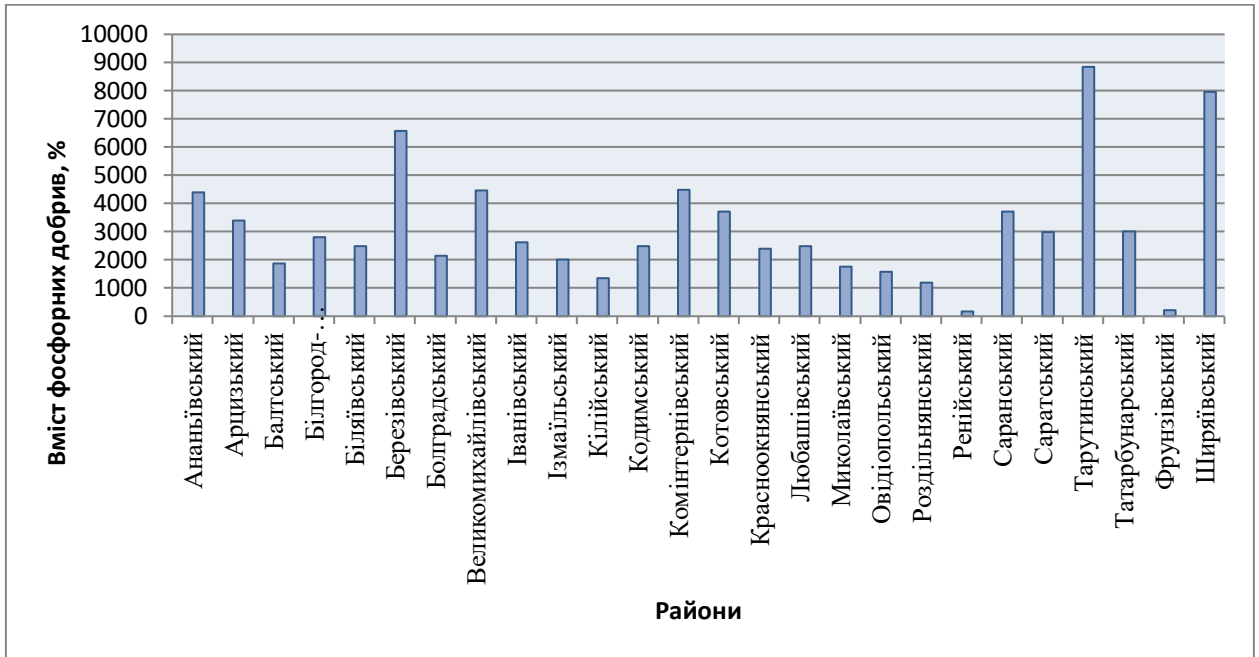


Рис. 3.5 - Вміст фосфору в Одеській області по районах (у перерахунку на 100% поживних речовин), %

Тому питання утримання різних форм ґрунтових фосфатів у ґрунтах Півдня України дозволяють правильно оцінити фосфатний режим ґрунтів та намітити шляхи оптимального застосування фосфорних добрив.

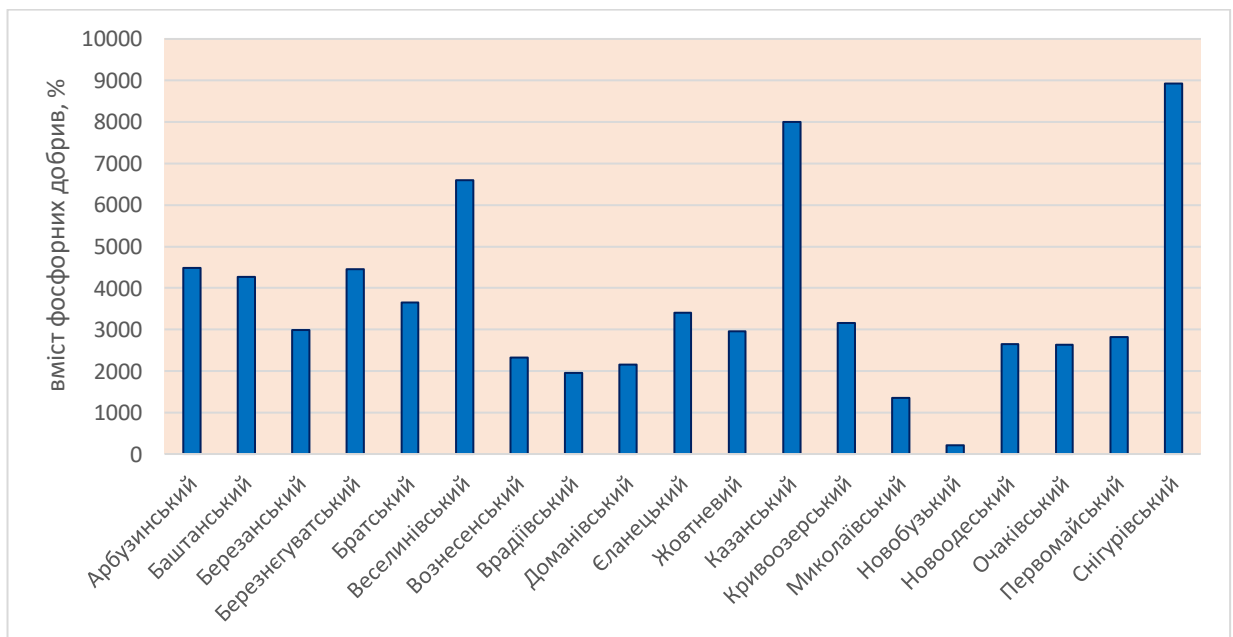


Рис. 3.6 - Вміст фосфору у ґрунтах Миколаївської області по районах (у перерахунку на 100% поживних речовин), %

Як видно з рис. 3.6, на якому переставлений вміст фосфору у ґрунтах Миколаївської області, максимальні значення вмісту фосфору спостерігається у Снігурівському районі – 8930 %. Мінімальні значення спостерігаються у Новобузькому районі – 205 %. Середнє значення по області становить 3630 %.

Калій бере участь у процесах синтезу та відтоку вуглеводів у рослинах, зумовлює водоутримуючу здатність клітин та тканин, впливає на стійкість рослин до посухи та уражування культур хворобами. При нестачі калію клітини ростуть нерівномірно, що спричиняє гофрованість, куполоподібне закручування листя.

Валового калію в ґрунтах більше, ніж азоту та фосфору, разом узятих – до 2-3 % (30-50 т/га в орному шарі), що залежить від мінералогічного, гранулометричного складів та вмісту гумусу.

Аналізуючи діаграму (рис. 3.7), видно, що максимальне значення вмісту калію у ґрунтах Херсонської області становить 37,8% у Комсомольському районі, мінімальне значення – 0,2% у Генічеському районі. Середнє значення для всіх районів складає 20,7%.

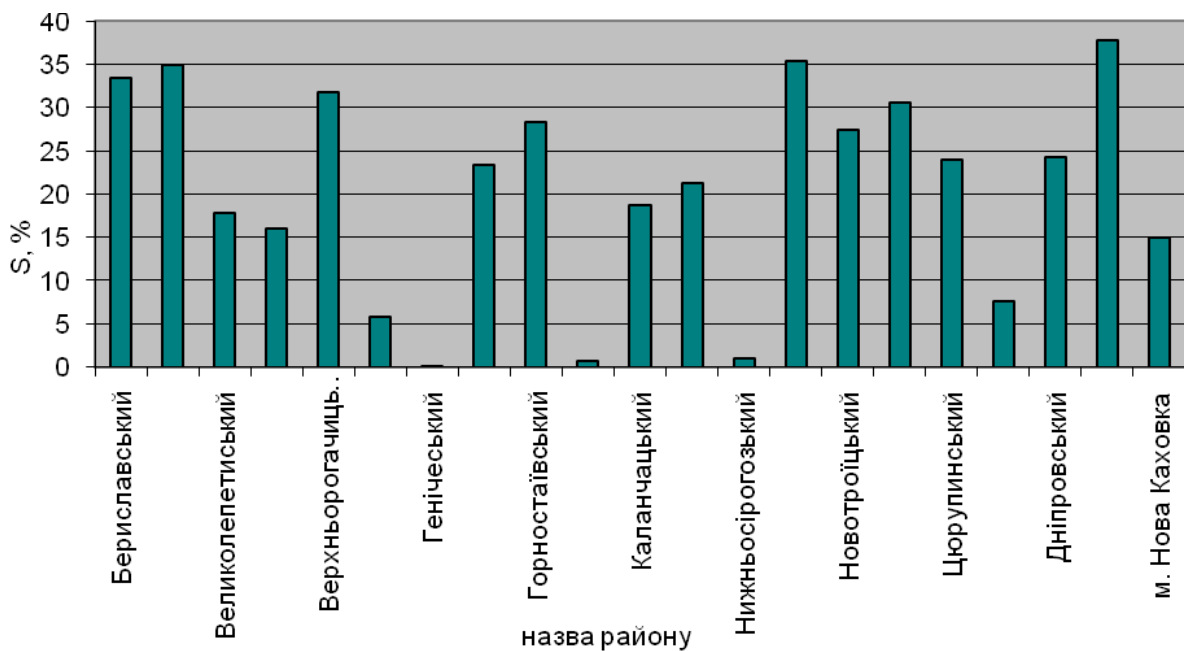


Рис. 3.7 – Вміст калію у ґрунтах Херсонської області

На рис. 3.8 наведені значення вмісту калійних добрив в Одеській області. З діаграми видно, що найбільша кількість калійних добрив вноситься в Тарутинському – 4903 % (у перерахунку на 100 % поживних речовин) та Ширяївському – 6349 % районах, а найменша районах Ренійському – 181 % та Фрунзівському – 158%. Найбільша кількість усього комплексу мінеральних добрив вносилась в південних районах (Тарутинському, Ренійському, Арцизькому, Ширяївському), це пов'язано із недостатнім вмістом гумусу на цих територіях, тому оптимальним варіантом є компенсація за рахунок внесення мінеральних добрив.

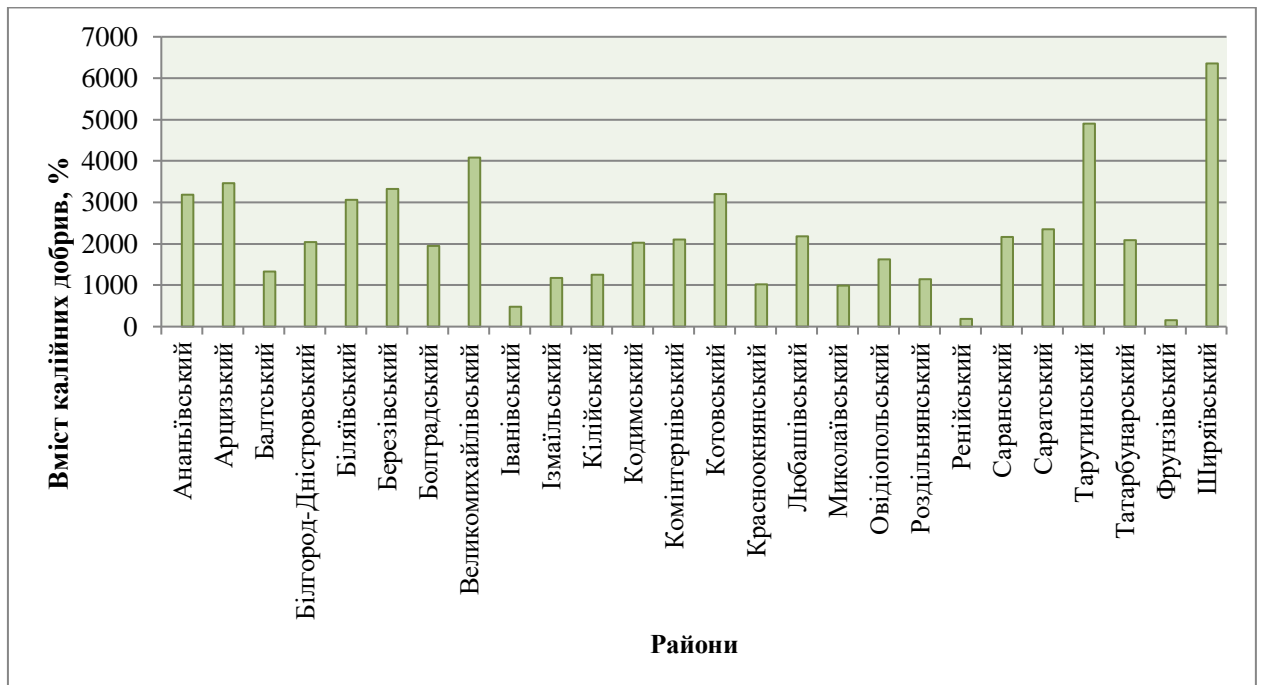


Рисунок 3.8 - Вміст калію у ґрунтах Одеської області по районах (у перерахунку на 100 % поживних речовин)

На рис. 3.9 наведені значення вмісту калію в ґрунтах Миколаївської області. Як видно з діаграми, найбільша кількість калійних добрив вноситься в Снігурівському районі – 6500 % (у перерахунку на 100 % поживних речовин) та Казанському – 5000 % районах, а найменша в районах Новобузьському – 205 % та Вознесенському – 158%. Середнє значення по області дорівнює 2550 %.

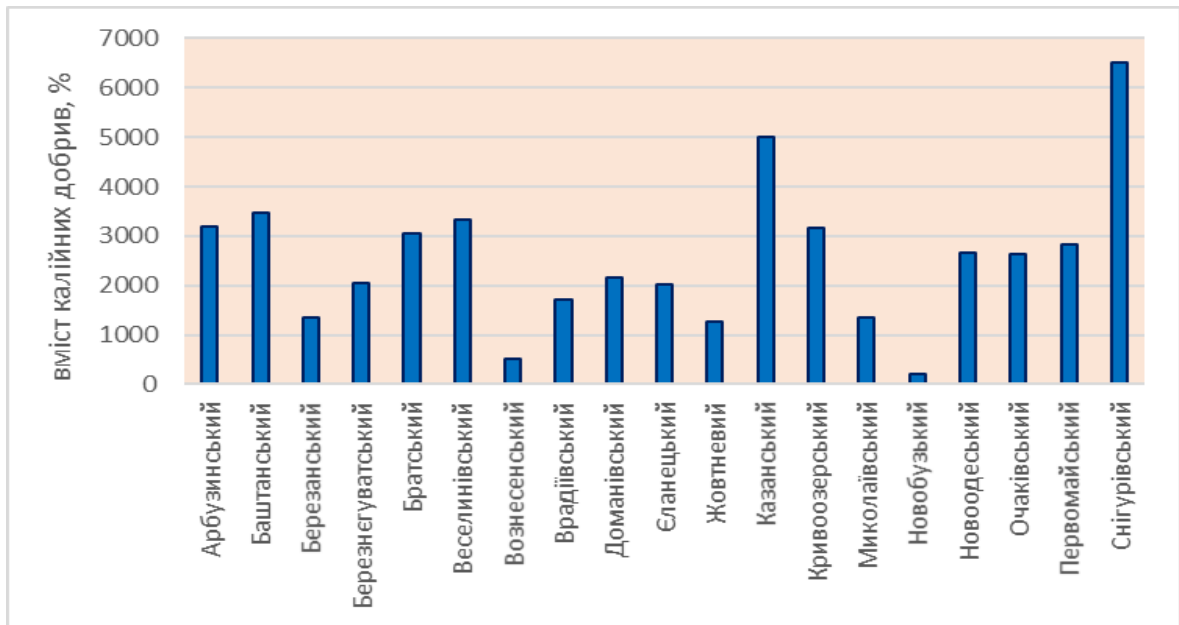


Рис. 3.9 - Вміст калію у ґрунтах Миколаївської області по районах (у перерахунку на 100% поживних речовин), %

Найпотужнішими прийомами регулювання живлення рослин макро- та мікроелементами є внесення органічних та мінеральних добрив; прийоми обробки ґрунтів, оскільки вони активно впливають на режим вологості та вміст ґрунтового повітря. Велике значення має регулювання реакції ґрунтів за допомогою вапнування кислих та гіпсування лужних ґрунтів. Ефективними є агроприйоми щодо збільшення ємності поглинання ґрунтів внаслідок внесення природних адсорбентів (цеоліти, вермикуліт), глинування піщаних ґрунтів та регулювання їх температурного режиму проведення заходів щодо боротьби з площинною водною ерозією.

Одна з умов одержання високих урожаїв сільськогосподарських культур – створення комплексу сприятливих властивостей для зростання та розвитку рослин. Не можна обмежуватися лише регулюванням режиму живлення, тому що властивості ґрунтів надають один на одного прямий чи опосередкований вплив. Необхідно також якісно здійснювати комплекс агротехнічних заходів щодо обробітку ґрунтів, у боротьбі з бур'янами, шкідниками та хворобами рослин; посів має бути проведений у кращі терміни, хорошим насінням, збирання має бути своєчасним, без втрат тощо.

Найважливішим показником ефективності добрив є врожай. У ньому відбивається вплив біологічних властивостей рослин, погоди, клімату, ґрунтів та інших умов екологічного середовища. Залежно від зміни кожного з цих компонентів та їх поєднань урожай може бути дуже різним. Найбільш чутливі організми з високим рівнем обміну речовин та енергії. Наприклад, нові високопродуктивні сорти, що мають підвищену чутливість до умов екологічного середовища, потребують і максимальної оптимізації водного, повітряного, теплового та харчового режимів.

Внесення мінеральних добрив дозволяє вводити в кругообіг речовин у землеробстві нову кількість елементів живлення рослин, а частину поживних компонентів гною та інших відходів рослинництва, що вже входять до складу попередніх урожаїв, використовувати повторно. Це створює можливість заповнювати винос поживних речовин урожаєм та непродуктивні втрати їх із ґрунту (внаслідок вітрової та водної ерозії, вилуговування, випаровування в атмосферу тощо) і таким чином не лише підтримувати, а й підвищувати її родючість.

Недоліком багатьох мінеральних добрив є наявність у них супутніх баластових елементів (фтору, хлору, натрію), а також токсичних важких металів (кадмію, свинцю та ін.). Деякі з цих елементів у невеликих кількостях можуть позитивно впливати на зростання та розвиток рослин.

При систематичному ж внесенні підвищених доз добрив баластові елементи можуть накопичуватися у ґрунті у значних кількостях, негативно впливаючи на його властивості та родючість, на врожай та його якість, а мігруючи у ґрунтові води, підвищувати у них концентрацію солей. Межі коливань вмісту токсичних елементів у мінеральних добривах може бути досить значними (табл. 3.1). Наприклад, у фосфоритному борошні міститься 2-3% фтору і 1,2-1,7% стронцію; у суперфосфаті - відповідно 1,2-2,7 та 1%, а також ряд інших елементів. Інші домішки у суперфосфатах представлені у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Основні домішки у суперфосфатах (Франсуа Рамад, 1981)

Домішки	Вміст, мг/кг
Миш'як	1,2-2,2
Кадмій	50-170
Хром	66-243
Кобальт	0-9
Мідь	4-79
Свинець	7-92
Нікель	7-32
Селен	0-4,5
Ванадій	20-180
Цинк	50-1430

Токсичні елементи потрапляють у мінеральні добрива переважно із сировиною їхнього виробництва, частково забруднюють в технологічному процесі. Наприклад, 50-80% фтору, що надходить з фосфатною сировиною, залишається у добривах, тому з 1 т необхідного рослин фосфору на поля надходить близько 160 кг фтору. А це призводить до погіршення властивостей та родючості ґрунту, до інгібування в ньому біологічних процесів, порушення біохімічних процесів у рослинах.

Систематичне їх використання може призвести до накопичення у ґрунті важких металів, різних токсичних сполук. Так, піритні недогарки містять 40-63% заліза, 1-2-сірки, 0,33-0,47 - міді, 0,42-1,35 - цинку, 0,32-0,58% - свинцю та інші метали . У свіжих відвалах піритних недогарків міститься до 0,15% миш'яку. Під впливом атмосферних опадів з них вилуговується багато токсичних речовин, які забруднюють ґрунт і водойми. Використання ж високих доз (5-6 ц/га) піритних недогарків як, наприклад,

мідного добрива призводить до забруднення ґрунту свинцем, миш'яком та іншими металами, а отже, і підвищення їх вмісту в сільськогосподарській продукції.

За допомогою наведеної вище математичної моделі було розраховано вплив мінеральних добрив на вміст основних важких металів у ґрунтах Херсонської області, на яких вирощувався овес. При цьому розглянуто різні варіанти внесення добрив. Розглянуто основні типи ґрунтів, на яких вирощується культура, до них відносяться чорноземи південні та чорноземи звичайні. Отримані результати наведено у таблиці 3.2 та 3.3.

Таблиця 3.2 – Вплив добрив на вміст важких металів на чорноземі звичайному в шарі 0-50см, мг/кг

Варіант	Hg	Ni	Cu	Zn	Pb
Контроль	1,25	5,6	4,3	5,9	16,1
P ₈₀	1,61	5,3	3,9	6,1	16,6
P ₁₅₀	1,37	5,3	3,9	6,4	16,6
N ₉₀ P ₈₀	1,62	5,9	4,2	6,5	16,8
Гній - 40 т	1,25	6,2	4,0	6,5	16,5
N ₈₀ P ₁₀₀ K ₅₀	1,68	5,8	3,7	6,6	17,9
Середнє по варіантах з добривами	1,46	4,9	4,0	6,34	16,8

Виходячи з отриманих результатів при збільшені норми внесення мінеральних добрив практично по всім важким металам отримано збільшення їх вмісту у ґрунтах під посівами вівса. По чисельним значення найбільша кількість отримана для свинцю на обох типах ґрунтів, при цьому перевищення ГДК не спостерігається (ГДК для свинцю складає 30 мг/кг ґрунту) [3].

Таблиця 3.3 – Вплив добрив на вміст важких металів на чорноземі південному в шарі 0-50см

Варіант	Hg	Ni	Cu	Zn	Pb
Контроль	1,1	4,8	3,9	5,4	17,1
P ₈₀	1,08	5,8	3,9	6,1	15,9
P ₁₅₀	0,88	6,5	3,6	6,1	18,1
N ₉₀ P ₈₀	1,00	4,9	3,9	5,9	19,2
Гній - 40 т	1,15	5,9	4,0	6,1	16,0
N ₈₀ P ₁₀₀ K ₅₀	1,19	4,8	3,6	6,2	16,9
Середнє по варіантам з добривами	1,07	5,5	3,8	5,9	17,2

При порівнянні отриманих характеристик для розглянутих типів ґрунтів можна відзначити зменшення вмісту важких металів у чорноземі південному у порівнянні з чорноземом звичайним по більшості важких металів.

В цілому істотних змін кількостей важких металів в ґрунті при внесенні доз добрив не сталося, проте деякі тенденції можна відзначити. Практично не змінився вміст у ґрунті міді, свинцю.

Стійке і математично достовірне підвищення вмісту на обох типах ґрунтів відмічено при збільшені норми внесення кількостей мінеральних добрив. Важливий резерв для того, що збалансувало живлення – підбір попередників сільськогосподарських культур, правильне визначення їх місця в сівозміні, а також місця для внесення добрив.

Математичне моделювання дозволяє визначити можливість оцінки ступеню рухливості мікроелементів у ґрунті під будь-якою сільськогосподарською культурою. У рамках роботи було виконано оцінку рухливості деяких мікроелементів у чорноземі звичайному в умовах Херсонської області під посівами вівса (таблиця 3). При цьому розглядався

метровий шар ґрунту, у якому саме спостерігається максимальна рухливість мікроелементів.

Таблиця 3 – Рухливість у чорноземі звичайному

Шар ґрунту, см	Вміст мікроелементів в ґрунті			Відношення кількості рухомих форм мікроелементів до валових запасів, %		
	Zn	Mn	Cu	Zn	Mn	Cu
0-20	0.23	23.7	0.33	0.32	2.79	0.86
20-40	0.25	25.8	0.26	0.33	3.02	1.01
40-60	0.31	24.8.	0.32	0.46	3.12	1.13
60-80	0.42	25.6	0..30	0.53	3.39	1.47
80-100	0.51	27.6	0.34	0.70	3.46	2.00
0-100	0.34	25.5	0.31	0.46	3.15	1.29

При періодичному вживанні фосфорних добрив їх треба вносити під культури, що менш гостро реагують на недолік мікроелементів, до яких саме відноситься овес.

ВИСНОВКИ

Метою кваліфікаційної роботи бакалавра було оцінити вплив мінерального живлення на ріст та розвиток вівса в умовах Одеської області за допомогою математичного моделювання. В результаті виконаних досліджень можна зробити такі висновки:

1. Вміст азоту в ґрунтах Херсонської області розподілений нерівномірно. Так, максимальні значення вмісту азоту спостерігаються у Горностаївському та Чаплинському районах і становить 42,3% та 42,0 % відповідно. Мінімальне значення спостерігаються у Верхньорогачицькому районі – 6,3% та Цюрупинському районі – 7,1%. Середнє значення для всіх районів складає 23,3%.
2. В Одеській області азотні добрива вносяться в найбільшій кількості у Арцизькому (42000 %), Саратському (43000 %) та Тарутинському (40188 %) районах. Найменша кількість вноситься у Ренійському районі і становить 894 %.
3. Найбільший вміст азотних добрив у ґрунтах Миколаївської області по районам спостерігається у Казанському (40679 %), Снігурівському (40200 %) та Березнегуватському (34772 %) районах.
4. В основному вміст фосфору по районах Херсонської області розподілений рівномірно. Але спостерігається максимальне його значення у Верхньорогачицькому районі і дорівнює 55,2%. Мінімальне значення вмісту фосфору у ґрунті спостерігається у м. Нова Каховка і дорівнює 8,3%. Середнє значення для всіх районів складає 25,3%.
5. Найбільша кількість фосфорних добрив на території Одеської області вноситься в районах - Тарутинському та Ширяївському, 8836% і 7960 % (на 100 % поживних речовин) відповідно. Найменша кількість у районах Ренійському – 176 % та Фрунзівському – 207 %.

6. Вміст фосфору у ґрунтах Миколаївської області, максимальні значення вмісту фосфору спостерігається у Снігурівському районі – 8930 %. Мінімальні значення спостерігаються у Новобузькому районі – 205 %. Середнє значення по області становить 3630 %.
7. Максимальне значення вмісту калію у ґрунтах Херсонської області становить 37,8% у Комсомольському районі, мінімальне значення – 0,2% у Генічеському районі. Середнє значення для всіх районів складає 20,7%.
8. Найбільша кількість калійних добрив в Одеській області вноситься в Тарутинському – 4903 % (у перерахунку на 100 % поживних речовин) та Ширяївському – 6349 % районах, а найменша районах Ренійському – 181 % та Фрунзівському – 158%. Найбільша кількість усього комплексу мінеральних добрив вносилась в південних районах (Тарутинському, Ренійському, Арцизькому, Ширяївському), це пов'язано із недостатнім вмістом гумусу на цих територіях, тому оптимальним варіантом є компенсація за рахунок внесення мінеральних добрив.
9. Найбільша кількість калійних добрив в ґрунтах Миколаївської області вноситься в Снігурівському районі – 6500 % (у перерахунку на 100 % поживних речовин) та Казанському – 5000 % районах, а найменша в районах Новобузьському – 205 % та Вознесенському – 158%. Середнє значення по області дорівнює 2550 %.
10. Проводячи порівняльний аналіз по областям, можна сказати, що найбільше внесення мінеральних добрив у ґрунти спостерігається на території Херсонської області, а на території Одеської та Миколаївської областей внесення мінеральних добрив відбувається майже в однаковій кількості.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Пати́ка В. П., Тара́ріко О. Г. Агро́екологі́чний мо́ніторинг та паспортиза́ція сільсько́господарськи́х земе́ль. Київ: Фітосоціо́центр, 2002. 296 с.
2. Були́гін С. Ю. та ін. Оці́нка і про́гноз я́кості земе́ль: Навч. посі́бник / Київ нац. аграр. ун-т, 2008. 237 с.
3. Граба́к Н.Х., Топі́ха І.Н., Дави́денко В.М., Ше́вель І.В. Основи ве́дення сільсько́го господа́рства та охоро́на земе́ль: навча́льний посі́бник, 2-е ви́дання. Київ: ВД «Про́фесіона́л», 2006 – 496 с.
4. Методи́ка агрохі́мічної паспортиза́ції земе́ль сільсько́господарсько́го при́значення/За ред. С.М.Ри́жука, М.В.Лісо́вого, Д.М.Бенца́ровсько́го. К., 2003. 64с.
5. Ре́гіона́льна допові́дь про ста́н навколи́шнього при́родного се́редови́ща у Оде́ській о́бласті за 2013 рік. Оде́са, 2014.
6. Ре́гіона́льна допові́дь про ста́н навколи́шнього при́родного се́редови́ща у Херсо́нській о́бласті за 2013 рік. Херсо́н, 2014.
7. Ре́гіона́льна допові́дь про ста́н навколи́шнього при́родного се́редови́ща у Микола́ївській о́бласті за 2013 рік. Микола́їв, 2014.
8. ДСТУ 4362:2004 Які́сть ґру́нту. Показни́ки родю́чості ґру́нтів. Київ: Держспоживста́ндарт Украї́ни, 2006. 19 с.
9. Електронний ре́сурс. URL: https://tetra-agro.com.ua/news/vse_pro_sposobi_ta_normi_vnesennya_dobriv (дата зверне́ння 04.06.2023).
10. Електронний ре́сурс: URL: <https://yablukom.ua/ua/interesno-znat/445-sroki-i-sposoby-vnesenij-mineralnykh-udobrenij/> (дата зверне́ння: 05.06.2023).

11. Електронний ресурс: URL: https://pidru4niki.com/76221/agropromislovist/sposobi_vnesennya_mineraln_ih_dobriv (дата звернення: 06.06.2023).
12. Євтушенко М.Д., Марютін Ф.М., Сушко І.І., Жеребко В.М. та інші/За редакцією М. Д. Євтушенка, Ф. М. Марютіна Пестициди і технічні засоби їх застосування: Навч. посібник/. Харків, 2001. 349 с.
13. Булигін С. Ю. Мікроелементи в сільському господарстві/С.Ю. Булигін, Л.Ф. Демишев, В.А. Доронин [та ін.].3-є вид., доповнене. – Дніпропетровськ. 2007. 100 с.
14. Лихочвор В.В. Біологічне рослинництво. В.В. Лихочвор. Львів: НВФ «Українські технології», 2004. 312 с.
15. Munns, R., Greenway, H., Delane, R., and Gibbs, R. 1982. Ion concentration and carbohydrate status of the elongating leaf tissue of *Hordeum vulgare* growing at high external NaCl. II. Causes of the growth reduction. *J. Exp. Bot.* 33:574-583.
16. Гуральчук Ж.З. Фітотоксичність важких металів та стійкість рослин до їх дії. К.: Логос, 2006. 208 с.
17. Зберігання і переробка продукції рослинництва: [навч. посібник]. Г. І. Подпрятів, Л.Ф. Скалецька, А.М. Сеньков, В.С. Хилевич. – К.: Мета, 2002. 495 с.
18. Лісовий М.В. Підвищення ефективності мінеральних добрив. К: Урожай, 1991. 120 с.
19. Екологічний паспорт. Одеська область. 2019 рік. Одеса, 2020. 201 с.
20. Карасюк І.М., Геркіял О.М., Господаренко Г.М. Агрохімія / За ред. І.М. Карасюка. К.: Вища школа, 1995. 471 с.
21. Юркевич Є.О., Коваленко Н.П., Бакума А.В. Агробіологічні основи сівозмін Степу України. Одеса: ВМВ, 2011. 240 с.
22. Нестерець В. Г. Агроекологічні і біологічні фактори підвищення стійкості озимої пшениці до несприятливих умов вирощування у

- південно-східній частині Степу. В. Г. Нестерець. Бюл. Ін-ту сіл. госп-ва степової зони НААН України. 2008. № 35. С.13–19.
23. Зубець М. В. та ін. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Степу України. Аграрна наука, 2010. 986 с.
24. Zarrabi M., Jalali M., Hajilouei Sh.M. Kinetics of non-exchangeable potassium release through malic acid and supplying power of some soils of lamadan province. *Iran. J. Agr. Sci.* 2007. V. 37. № 6. P. 1-4.
25. Баланс гумусу і поживних речовин у ґрунтах України/А.С. Заришняк., С.А. Балюк, М.В. Лісовий, А.В. Комариста. *Вісник аграрної науки.* 2012. №1. С. 28-32.
26. Лісовий М.В., Карацюба О.В., Сліденко О.І. Динаміка балансу поживних речовин у землеробстві України. Агрохімія і ґрунтознавство. Міжвід. тематичн. наук. Спеціальний випуск. Книга 2. Харків: Стіль-Іздат, 2018. С.185-186.
27. Балюк С.А., Медведєв В.В. Чорнозем потребує більше мінеральних добрив. *Голос України* 01.03.2016. URL: <http://www.golos.com.ua/>
28. Наукові основи ведення зернового господарства. В.Ф. Сайко, М.Г. Лобас, І.В. Яшовський та ін.; За ред. В. Ф. Сайка. Київ: Урожай, 1994. 336 с.
29. Наукові основи ефективності використання виробничих ресурсів у різних моделях технологій вирощування зернових культур: монографія / В. Ф. Камінський, В. Ф. Сайко, М. В. Душко, Н. М. Асанішвілі та ін. Київ : Видавничий дім «Вініченко», 2017. 580 с.
30. Броннікова Л. Ф. Формування азотного поживного режиму ґрунту при вирощуванні кукурудзи на зерно. *Сільське господарство та лісівництво.* 2018. № 1(8). С. 50-59.
31. Носко Б. С. Сучасні проблеми фосфору в землеробстві і шляхи їх розв'язання. *Вісник аграрної науки.* 2017. № 6. С. 5-12.

32. Носко Б. С., Бука А. Я., Юрко К. П. Оптимізація азотного живлення рослин при інтенсивних технологіях. За ред Б. С. Носка, А. Я. Буки. Київ: Урожай, 1992. 136 с.
33. Raj, M.P.; Vyakaranahal, B.S. Effect of integrated nutrient and micronutrients treatment on plant growth parameters in oat cultivar (*Avena sativa* L.). *Int. J. Plant Sci.* 2014, 9, 397–400.
34. Tomati, U.; Grappelli, A.; Galli, E. The presence of growth regulators in earthworm-worked wastes. In *On Earthworms, Proceeding of The International Symposium on Earthworms, Selected Symposia and Monographs, Unione Zoologica Italiana, Bologna-Carpi, Italy, 31 March–4 April 1985*; Bonvicini Paglioi, A.M., Omodeo, P., Eds.; Mucchi: Modena, Italy, 1987; Volume 2, pp. 423–436.