

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВЕТЕРИНАРНОЇ
МЕДИЦИНИ ТА БІОТЕХНОЛОГІЙ ІМЕНІ С.З. ГЖИЦЬКОГО
ФАКУЛЬТЕТ АГРОТЕХНОЛОГІЙ ТА ОХОРОНИ ДОВКІЛЛЯ
КАФЕДРА СТАЛОГО ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ТА ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ**

Допускається до захисту

«___» _____ 2025 р.

Зав. кафедри _____
(підпис)

к.б.н., доцент Петро ХІРІВСЬКИЙ
наук. ступ., вч. зв. (ім'я та прізвище)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Бакалавр
(рівень вищої освіти)

на тему: «Екологічна оцінка рівня забруднення нітратами продукції
рослинництва у Львівській області»

Виконав студент групи Еко-41
спеціальності 101 «Екологія»

Кобик Богдан Іванович

Керівник: **Андрій ДИДІВ**

Консультант: **Юрій КОВАЛЬЧУК**

Дубляни 2025

Міністерство освіти і науки України
Львівський національний університет природокористування
Факультет агротехнологій та екології
Кафедра екології

Рівень вищої освіти «Бакалавр»
 Галузь знань 10 «Природничі науки»
 Спеціальність 101 «Екологія»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри _____
 (підпис)

к. б. н., доцент **Петро ХІРІВСЬКИЙ**
 наук. ступ., вч.зв. (ім'я та прізвище)

«___» _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу студенту Кобику Богдану Івановичу

1. Тема роботи: «Екологічна оцінка рівня забруднення нітратами продукції рослинництва у Львівській області»

Керівник кваліфікаційної роботи Дидів Андрій Ігорович,
 кандидат сільськогосподарських наук, доцент

Затверджена наказом по університету №631/к-с від “21” листопада 2023 року

2. Строк подання студентом кваліфікаційної роботи 09 червня 2025 року

3. Вихідні дані для кваліфікаційної роботи

Завдання для аналітичних та лабораторних досліджень визначення вмісту нітратів в рослинній продукції Львівської області, методики відбору рослинних зразків на предмет визначення концентрації нітратів, теоретичні відомості, літературні джерела.

4. Зміст кваліфікаційної роботи (перелік питань, які необхідно розробити)

Вступ

1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Шляхи трансформації нітратів і нітритів у рослинах

1.2. Фактори, що впливають на накопичення нітратів в овочевих рослинах

1.3. Особливості впливу нітратів на здоров'я людини

2. ПРОГРАМА, МЕТОДИКА ТА УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Програма проведення досліджень

2.2. Методика визначення нітратів в овочевій продукції

2.3. Характеристика умов проведення дослідження

3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Моніторинг нітратного забруднення овочевої продукції на ринках м. Львова

3.2. Порівняльна екологічна оцінка нітратного забруднення овочевої

продукції за адміністративними районами Львівської області

3.3. Сезонна динаміка концентрації нітратів в овочевій продукції Львівської області

3.4. Розробка агротехнічних заходів направлених на зменшення нітратів в овочевих рослинах

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Вимоги охорони праці під час роботи в хімічній лабораторії

4.2. Планування заходів з безпечних умов праці

Зробити висновки за результатами проведених досліджень

Сформулювати список використаних джерел

5. Перелік графічного матеріалу: таблиць – 11, рисунків – 4.

6. Консультанти з розділів:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконання
		завдання видав	завдання прийняла	
1, 2, 3	Дидів А. І. , доцент кафедри екології			
4	Ковальчук Ю. О. , доцент кафедри фізики, інженерної механіки та безпеки виробництва			

7. Дата видачі завдання 21 листопада 2023 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Відмітка про виконання
1	Написання вступу та розділу «Огляд літератури»	21.11.23-04.05.24	
2	Написання розділу «Об'єкт та методи дослідження»	05.05.24-16.12.24	
3	Написання розділу «Результати досліджень»	17.12.24-15.04.25	
5	Написання розділу «Охорона праці», підготовка висновків, оформлення списку використаних джерел	16.04.25-02.06.25	

Студент Богдан КОБИК
(підпис)

Керівник кваліфікаційної роботи Андрій ДИДІВ
(підпис)

УДК 504.53:631.95:546.17(477.83)

Екологічна оцінка рівня забруднення нітратами продукції рослинництва у Львівській області. Кобик Б. І. – Кваліфікаційна робота. Кафедра сталого природокористування та захисту довкілля. Дубляни, Львівський НУВМБ ім. С. З. Гжицького, 2025.

55 с. текст. част., 11 табл., 4 рис., 43 джерел

У кваліфікаційній роботі висвітлено екологічні проблемам забруднення овочевої продукції нітратами у Львівській області. Розглянуто вплив комплексу факторів, що впливають на накопичення нітратів в овочевих рослинах, а також шляхи трансформації нітратів і нітритів у рослинах. Особливу увагу приділено нормування нітратів та їх впливу на здоров'я людини.

Наведено результати досліджень моніторингу нітратного забруднення овочевої продукції на ринках м. Львова з визначенням концентрації нітратів. Здійснено порівняльну екологічну оцінку нітратного забруднення овочевої продукції за сімома адміністративними районами Львівської області з приватних господарств окремих територіальних громад. Досліджено сезонну динаміку вмісту нітратів в овочевій продукції Львівської області. Запропоновано комплекс агротехнічних заходів направлених зменшення нітратів в овочевих рослинах.

Розглянуто питання охорони праці під час роботи в лабораторії з визначенням нітратів в рослинних зразках. Також розроблено заходи з безпечних умов праці в хімічній лабораторії.

ЗМІСТ

Вступ.....	6
Розділ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.....	8
1.1. Шляхи трансформації нітратів і нітритів у рослинах.....	8
1.2. Фактори, що впливають на накопичення нітратів в овочевих рослинах.	11
1.3. Особливості впливу нітратів на здоров'я людини.....	16
Розділ 2. ПРОГРАМА, МЕТОДИКА ТА УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	19
2.1. Програма проведення досліджень.....	19
2.2. Методика визначення нітратів в овочевій продукції.....	20
2.3. Характеристика умов проведення дослідження.....	23
Розділ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	26
3.1. Моніторинг нітратного забруднення овочевої продукції на ринках м. Львова.....	26
3.2. Порівняльна екологічна оцінка нітратного забруднення овочевої продукції за адміністративними районами Львівської області.....	30
3.3. Сезонна динаміка концентрації нітратів в овочевій продукції Львівської області.....	38
3.4. Розробка агротехнічних заходів направлених на зменшення нітратів в овочевих рослинах.....	40
Розділ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ	45
4.1. Вимоги охорони праці під час роботи в хімічній лабораторії.....	45
4.2. Планування заходів з безпечних умов праці	47
Висновки.....	50
Список використаних джерел.....	52

ВСТУП

Актуальність проблеми. Сучасний споживач висуває високі вимоги до якості харчових продуктів, очікуючи на екологічно безпечну, біологічно повноцінну овочеву продукцію, що пройшла експертизу за такими показниками: вміст важких металів та радіонуклідів; залишкові кількості пестицидів; вміст бенз(а)піренів; наявність генетично модифікованих організмів (ГМО); пилове забруднення; мікробіологічна забрудненість; гельмінтозні інвазії; а також концентрації нітратів і нітритів. Серед вказаних санітарно-гігієнічних критеріїв контроль за вмістом нітратів в овочевій продукції заслуговує на особливу увагу [4, 5, 18].

Львівська область стикається з численними екологічними викликами, спричиненими інтенсивним розвитком сільського господарства та нераціональним застосуванням мінеральних добрив. Це зумовлює серйозні агроєкологічні проблеми, насамперед забруднення ґрунтів, поверхневих вод і продукції рослинництва нітратами [3, 14, 20].

За таких умов постає необхідність у системному екологічному моніторингу за рівнями нітратного забруднення ґрунтів, питної води та особливо овочевої продукції, яка становить важливу частину раціону населення упродовж усього року. Поряд із цим доцільною є розробка та впровадження ефективних агротехнічних заходів, спрямованих на зменшення нітратного навантаження на агроєкосистеми та продукцію рослинництва [15, 12].

Таким чином, зважаючи на посилення антропогенного тиску на агроєкосистеми Львівщини, інтенсифікацію сільськогосподарського виробництва та нераціональне використання азотних добрив, виникає об'єктивна потреба в комплексному підході до вирішення агроєкологічних проблем, пов'язаних із нітратним забрудненням овочевої продукції. Це, своєю чергою, сприятиме підвищенню рівня продовольчої безпеки, покращенню якості життя населення та збереженню громадського здоров'я.

Предметом дослідження є сукупність чинників, що впливають на нагромадження нітратів в овочевій продукції Львівської області.

Об'єктом дослідження є найбільш поширені овочеві рослини, які споживаються населенням Львівської області та концентрації в них нітратів.

Метою досліджень було надати екологічну оцінку вмісту нітратів в овочевій продукції Львівської області, а також розробити агротехнічні заходи спрямовані на зменшення рівня нітратного забруднення овочевих рослин.

З метою досягнення поставленої мети було сформульовано такі завдання:

- 1) визначити чинники, які впливають на нагромадження нітратів в овочевих рослинах Львівщини;
- 2) охарактеризувати метаболізм нітратів і нітритів в рослинному організмі та їх вплив на здоров'я населення;
- 3) провести моніторинг нітратного забруднення свіжої овочевої продукції з ринків міста Львова;
- 4) здійснити комплексну екологічну оцінку нітратного забруднення овочевої продукції приватних садіб Львівської області за адміністративними районами;
- 5) визначити особливості сезонних змін нітратного забруднення овочевої продукції Львівщини;
- 6) розробити агроекологічні заходи направлені на зменшення нітратного забруднення овочевих рослин Львівщини;
- 7) Розробити розділ з охорони праці під час роботи в хімічній лабораторії.

Розділ 1

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Шляхи трансформації нітратів і нітритів у рослинах

Перш ніж розглядати шляхи потрапляння нітратів у харчові продукти та їхній вплив на здоров'я людини, необхідно глибше зрозуміти природу нітратів, механізми їх утворення у довкіллі та основні джерела надходження в агроєкосистеми.

Азот (N) є одним із ключових макроелементів, що забезпечують повноцінне мінеральне живлення рослин. Він бере участь у формуванні амінокислот, нуклеїнових кислот та їх похідних, входить до складу хлорофілу, алкалоїдів, ферментів, фітогормонів, вітамінів, а також усіх типів білкових сполук, які становлять основу цитоплазми клітин. У сухій речовині рослин вміст азоту зазвичай становить 1–3%, тоді як у складі білків його частка сягає близько 16–18% [24].

Мінеральний (доступний) азот з ґрунту засвоюється рослинами переважно у вигляді таких іонів:

NH_4^+ – (амонійна форма) іони амонію, що поглинаються рослинами легко (80,6-90%), особливо з лужних ґрунтів (pH 6,7...8,2) та при нижчих температурах (+8...+22°C);

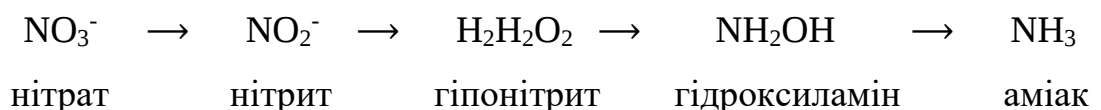
NO_3^- – (нітратна форма) нітрат-іони*, найкраще поглинаються рослинами (85,7-99,8%), особливо з кислих ґрунтів (pH 4,5-6,1) та за високих температур (+23...+35°C) [6].

Біохімія нітратів характеризується високою складністю, що зумовлено багатоступеневими перетвореннями цих сполук у ґрунтовому середовищі, воді та рослинних тканинах, а також залежністю цих процесів від низки абіотичних факторів, зокрема температурного режиму, рівня зволоження та системи удобрення. Нітратні сполуки відіграють важливу роль у метаболізмі рослин, слугуючи основним джерелом азоту — елементу, без якого неможливий повноцінний ріст і розвиток вищих рослин. На початкових етапах онтогенезу

рослини мають підвищену потребу в азоті, переважно у формі нітратів, тоді як амонійна форма відіграє другорядну роль. Максимальне засвоєння азотних форм спостерігається у фазах інтенсивного наростання вегетативної маси та закладання генеративних структур. Незалежно від форми надходження, кінцевим продуктом азотного обміну є білкові молекули, синтез яких відбувається шляхом утворення амінокислот у процесі азотного метаболізму [10].

Поряд із процесами біосинтезу білкових сполук у рослинному організмі постійно відбувається їхній катаболізм — розщеплення до амінокислот із вивільненням аміаку. Гідроліз білків здійснюється за участю специфічних ферментів — протеаз, які каталізують розрив пептидних зв'язків. У молодих, активно зростаючих органах інтенсивність білкового синтезу переважає над процесами їх розпаду, тоді як у старіючих тканинах спостерігається зворотна тенденція, що є характерною ознакою вікових змін у метаболізмі рослин [28].

Амінокислоти синтезуються в результаті реакції амонійного іона (NH_4^+) з органічними кислотами, такими як піровиноградна, щавлевооцтова та інші, концентрація яких зростає в рослинних тканинах із посиленням інтенсивності фотосинтетичних процесів. Перетворення різних форм азоту, що надходить до рослини, має специфічні біохімічні особливості. Зокрема, амонійна форма азоту безпосередньо вступає в реакції з органічними кислотами з утворенням амінокислот, тоді як нітратна форма вимагає попереднього біохімічного відновлення до аміаку. Цей процес супроводжується окисненням вуглеводів у присутності ферментів, що забезпечують енергетичне забезпечення та регуляцію азотного обміну:



Нітратредуктаза — це фермент, який каталізує перший етап відновлення нітратів до нітритів у процесі нітратного метаболізму. Локалізується переважно в цитоплазмі клітин кореня та листя. Цей фермент характеризується коротким періодом функціональної активності, після чого зазнає деградації й потребує

ресинтезу. Активність нітратредуктази суттєво залежить від світлових умов: максимальні значення спостерігаються за сонячної погоди, тоді як у похмурі дні активність значно знижується, а в темний період доби практично припиняється. Синтез цього ферменту індукується підвищеною концентрацією нітрат-іонів (NO_3^-), високою інтенсивністю освітлення та достатнім рівнем вмісту вуглеводів у тканинах рослини [6, 41].

На відміну від нітратів, нітрити (NO_2^-), що утворюються на наступному етапі відновлення, є проміжними сполуками з потенційно токсичним впливом на клітини, тому їх метаболізм у рослині має особливості. Після утворення нітрит-іони транспортуються до безбарвних пластид (у кореневих клітинах) або хлоропластів (у мезофільних клітинах листка), де за участю ферменту нітритредуктази швидко відновлюються до амонійного іона (NH_4^+). Фермент нітритредуктаза має вищу каталізуючу здатність порівняно з нітратредуктазою — його активність перевищує останню у 5–20 разів, що забезпечує мінімальне накопичення нітритів у клітинному середовищі [20].

Отже, якщо рослини мають оптимальне освітлення і містять достатню кількість вуглеводів, то нітрати відновлюються до аміаку ще в коренях, які поглинають нітратний азот. За умов дефіциту вуглеводів у рослинних тканинах спостерігається накопичення значної кількості неасимільованих форм азоту, зокрема нітратів та аміаку, у вільному стані. Це явище є характерним для ранніх фаз онтогенезу, коли листкова поверхня ще недостатньо розвинена, фотосинтетична активність низька, а рівень органічних кислот у клітинах обмежений [43].

У таких умовах частина аміаку не вступає в реакції з органічними кислотами, що призводить до його накопичення в клітинах і може спричинити токсичну дію на рослину. Натомість нітратна форма азоту не має виражених токсичних властивостей у цих умовах [31].

З метою запобігання аміачному стресу на ранніх етапах розвитку доцільніше застосовувати нітратні форми азотних добрив при локальному внесенні в посівні рядки, замість аміачних сполук [9, 16].

1.2. Фактори, що впливають на накопичення нітратів в овочевих рослинах

Слід зазначити, що вміст нітратів в овочевій продукції зумовлюється сукупною дією понад двадцяти різноспрямованих чинників, значна частина з яких є неконтрольованими в умовах польового виробництва. Зокрема, за похмурої погоди рівень нітратів у рослинних тканинах може зростати в кілька разів порівняно з періодами інтенсивного сонячного освітлення. Водночас підвищена температура повітря навіть за достатнього сонячного випромінювання також сприяє накопиченню нітратів, тоді як поєднання інтенсивного освітлення з низькими температурами, навпаки, знижує їх концентрацію в продукції [1, 2].

Серед ключових чинників, що зумовлюють інтенсивність накопичення нітратів у овочевій продукції, слід виокремити генетично обумовлені біологічні властивості та сортові особливості рослин, рівень агрохімічної родючості ґрунтів, температурно-вологісний режим ґрунтового та повітряного середовища, фотоперіодичні характеристики (інтенсивність та тривалість освітлення), концентрацію вуглекислого газу в атмосфері, особливості агротехнології вирощування, систему мінерального живлення, а також ступінь забруднення ґрунтового середовища поллютантами, зокрема важкими металами, які можуть опосередковано впливати на нітратний обмін у рослинах (рис. 1.1).

Існує кілька механізмів, які зумовлюють накопичення нітратів у рослинних тканинах. До них належать: надмірне надходження азоту, коли інтенсивність його поглинання перевищує швидкість асиміляції; порушення елементного балансу в живленні, зокрема нестача інших макро- та мікроелементів при високих дозах азоту; зниження активності нітратредуктази — ферменту, відповідального за відновлення нітратів до глютамінової кислоти, що є ключовим етапом їх нейтралізації в метаболізмі. Крім того, нагромадження нітратів можливе під час проростання насіння внаслідок гідролізу білкових сполук до амонійного азоту з подальшим його окисненням до нітратів, а також у разі надлишкового вмісту амонію в живильному середовищі [15, 22].

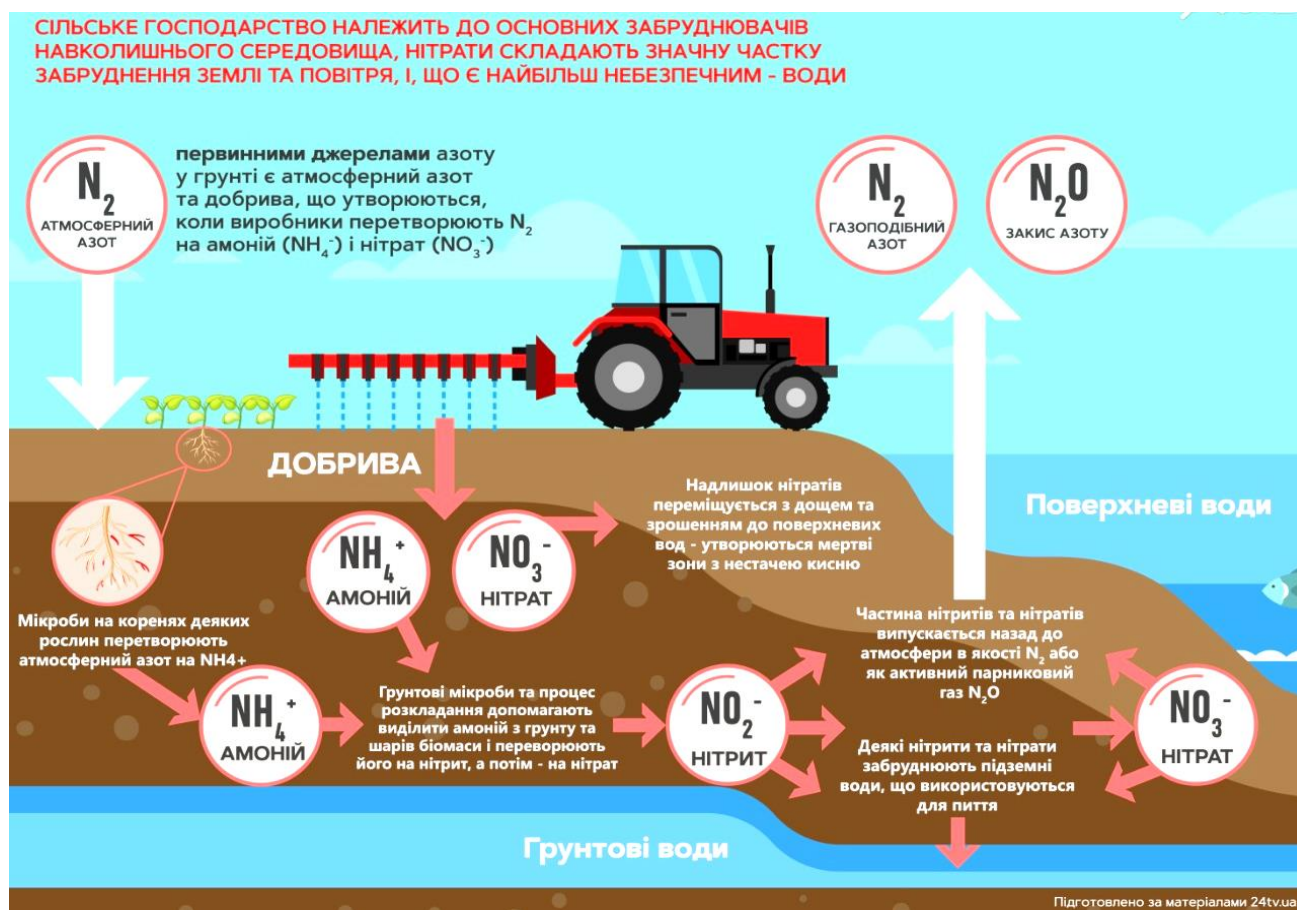


Рис. 1.1. Схема забруднення ґрунту, підземних вод та рослинницької продукції нітратами

Основними джерелами поповнення запасів азоту в агроєкосистемах є органічні та мінеральні добрива, післяжнивні рослинні залишки, а також атмосферні опади, зокрема грозові дощі, які здатні суттєво збагачувати ґрунт доступними формами азоту. За даними досліджень, під час інтенсивних грозових дощів може надходити від 7 до 15 кг легкозасвоюваного азоту на гектар, що сприяє активізації ростових процесів і покращенню загального стану рослин. У народній практиці це явище часто підкреслюється жартівливим висловом: «Три добрі грози у травні — і агроном не потрібен». Проте з агрономічної точки зору проблема полягає не в наявності азоту як такого, а в його надлишковому накопиченні в овочевій продукції, що може мати негативні наслідки для якості врожаю та безпеки споживання [8, 31].

Вплив освітлення на інтенсивність накопичення нітратів у рослинах зумовлюється регуляцією активності ферменту нітратредуктази, який каталізує

відновлення нітратів до нітритів у процесі азотного обміну. Підвищення інтенсивності світла стимулює синтез та функціонування цього ферменту, що сприяє ефективнішій асиміляції нітратного азоту. У поєднанні з оптимальними (помірно низькими) температурами та збалансованим азотним живленням це призводить до зниження концентрації нітратів у рослинах [2, 10].

Підвищення температури повітря більш як $+24^{\circ}\text{C}$ сприяє інтенсивнішому накопиченню нітратів в овочах. Це пов'язано з інтенсивнішими процесами мінералізації органічного азоту у ґрунті [28].

Біологічні особливості (види рослин). Серед представників вищих рослин окремі родини характеризуються високою здатністю до накопичення нітратів у вегетативних органах. До таких належать лободові, зонтичні, складноцвіті, капустяні та пасльонові. Найвищий рівень нітратної акумуляції притаманний культурам із родин капустяних, гарбузових, селерових і пасльонових. Зокрема, до овочів із найвищим вмістом нітратів відносяться редька біла, столові буряки, салат, шпинат і редиска. У той же час томати, солодкий перець, баклажани, часник, коренева селера та зелений горошок характеризуються низькою здатністю до нітратного накопичення. Отже, овочеві рослини чітко розділяються на три великих групи за здатністю накопичувати нітрати:

- з великою здатністю (всі зелені);
- середньою (коренеплідні, диня, кавун, гарбуз);
- мінімальною (помідор, баклажан, цибуля, часник, селера коренеплідна, горошок зелений).

Відмінності у вмісті нітратів визначаються не тільки видовою приналежністю, але й сортовими особливостями. *Підбір сортів та гібридів овочевих рослин для конкретних ґрунтово-кліматичних умов* відіграють велику роль у зниженні вмісту нітратів в овочах. Результати досліджень свідчать, що за однакових умов азотного живлення ґрунту відмінності між сортами та гібридами однієї культури щодо здатності до накопичення нітратів можуть становити 200–500%, тобто варіюватися у 2–5 разів. Встановлено, що ранньостиглі сорти овочевих культур, як правило, характеризуються вищим вмістом нітратів у продуктивних органах порівняно з пізньостиглими, у яких рівень нітратного

накопичення є значно нижчим [1, 43].

На нагромадження нітратів в овочах можуть впливати не тільки біологічні особливості овочевих культур, *а й умови мінерального живлення*. Головну роль у цьому належить правильному встановленню норм азотних добрив, що можливо лише з урахуванням запасів мінерального азоту або мінералізуючої здатності ґрунту. Однією з основних причин нагромадженні нітратів є незбалансоване живлення овочевих рослин основними біогенними елементами (NPK). Дефіцит фосфору (P) вважається одним із чинників, що сприяють підвищенню накопичення нітратів у рослинних тканинах, оскільки фосфор бере участь у регуляції активності нітратредуктази — ферменту, відповідального за відновлення нітратів. Водночас наукові дані щодо впливу фосфорного живлення залишаються суперечливими: у ряді випадків застосування фосфорних добрив сприяє зниженню вмісту нітратів, тоді як в інших — навпаки, зумовлює їх інтенсивніше накопичення [17, 21]

Калій (K) відіграє важливу роль у вуглеводному обміні та опосередковано впливає на синтез білкових сполук, що, у поєднанні з азотним живленням, сприяє збільшенню вмісту органічних форм азоту та зменшенню концентрації нітратів у рослинних тканинах. Такий ефект особливо виражений у культур капусти, моркви та столових буряків. Водночас існують результати, що свідчать про можливе зростання нітратного накопичення за умов застосування калійних добрив. Це зумовлює необхідність урахування норм внесення, співвідношень між елементами живлення, а також запасів доступного фосфору й калію в ґрунті [6, 22].

При внесенні *мікроелементів негативна дія* підвищених доз азотних добрив значно знижується. Так, молібден, беручи активну участь у процесах асиміляції, прискорює вбирання рослинами азотистих сполук з ґрунту, забезпечує швидке їх використання у синтезі білка. Перетворення нітратів у амінокислоти здійснюється за участі не менше п'яти ферментів окрім нітратредуктази, активність яких залежить від Fe, Cu, Mo і Mn [24, 41].

Надмірне внесення добрив, особливо азотних, негативно впливає на якісні показники врожаю: рослини набувають грубої консистенції, знижуються їхні фізіологічні властивості, зростає сприйнятливість до патогенів, а також

погіршується лежкість продукції. Відповідно, оптимізація мінерального живлення шляхом дотримання науково обґрунтованих норм і співвідношень елементів NPK є одним із ефективних підходів до регулювання вмісту нітратів у продукції овочівництва. Щоб уникнути негативних наслідків застосування азотних добрив, потрібно перш за все раціонально їх розподіляти по зонах, типах ґрунтів і окремих культурах [11, 19, 36].

Густота стояння рослин впливає на нагромадження ними нітратного азоту. Щільність стояння рослин є важливим агротехнічним фактором, що впливає на накопичення нітратів у продукції. Так, при густоті стояння моркви на рівні 1,5 млн рослин/га вміст нітратів становив у середньому близько 120 мг/кг. Як збільшення, так і зменшення цієї норми призводило до підвищення нітратної концентрації в коренеплодах. Водночас у столових буряків спостерігається інша тенденція: ущільнення посівів супроводжувалося зменшенням вмісту нітратів, причому найнижчі показники зафіксовано при густоті 550–620 тис. на га [2, 17].

У буряків столових виявлена чітка залежність між масою коренеплодів і вмістом в них нітратного азоту. Найменша кількість нітратів (663–674 мг/кг) виявилася в коренеплодах столового буряка масою менше 100 г. Подальше збільшення маси коренеплодів супроводжувалося пропорційним підвищенням концентрації нітратів. Дуже велике накопичення нітратів (2215–3311 мг/кг) виявлено у великих коренеплодів масою більшою 300 г в яких також спостерігається значне зниження вмісту сухих речовин і цукрів [1, 21].

Значну роль у накопиченні нітратів у ґрунтовому середовищі відіграють процеси, що формують азотний баланс. До основних джерел надходження доступного азоту належать амоніфікація, нітрифікація, біологічна азотфіксація, а також внесення мінеральних азотних добрив. Разом ці процеси забезпечують формування пулу мінерального азоту, зокрема у формі нітратів, який, у свою чергу, підлягає втратам через денітрифікацію та вилуговування за умов надмірного зволоження або слабкої сорбційної здатності ґрунтів [24, 43].

Накопичення нітратів у овочевих культурах виявляє певну залежність від гідротермічних умов вегетаційного періоду, зокрема кількості атмосферних опадів. За умов обмеженого зволоження формуються нижчі показники

урожайності, проте біохімічні характеристики продукції, такі як вміст сухої речовини, сума цукрів і концентрація вітаміну С, зазвичай є вищими, а вміст нітратів — нижчим. Навпаки, у вологі роки спостерігається підвищення врожайності та нітратного вмісту, при одночасному зниженні якісних показників продукції. Водночас вирішальне значення мають умови, що впливають на фотосинтетичну активність рослин та інтенсивність нітрифікаційних процесів у ґрунті, які безпосередньо регулюють засвоєння азотних сполук [9, 16, 31].

1.3. Особливості впливу нітратів на здоров'я людини

Крім продукції рослинництва, нітрати нормуються у воді, ґрунті та повітрі. Так, ГДК нітратів у ґрунті становить 130 мг/кг, у питній воді – 45 мг/дм³, у повітрі (амонію нітрат – аміачна селітра) – 0,3 мг/м³ [13].

За дією нітратів на людину розрізняють первинну токсичність власне нітрат-іону; вторинну, пов'язану з утворенням нітрит-іону, і третинну, зумовлену утворенням з нітритів і амінів – нітрозамінів. Смертельна доза нітратів для людини складає 8-15 г; допустиме добове споживання за рекомендаціями ВООЗ – 5 мг/кг маси тіла. Вживання води, що містить нітрати на рівні вище 10 мг/дм³, є небезпечним для дітей, оскільки викликає підвищення в крові рівня метгемоглобіну, а використання води з концентрацією 50–100 мг/дм³ різко збільшує цей рівень, що є смертельно небезпечним [38].

Вміст нітратного азоту (NO₃⁻) і характеризує екологічну безпечність продукції рослинництва. Основна частка нітратів — до 70–80% — надходить в організм людини з овочевою та фруктовою продукцією. Небезпека нітратів полягає у здатності порушувати транспортну функцію крові шляхом окиснення двовалентного заліза у складі гемоглобіну до тривалентного, що призводить до утворення метгемоглобіну — форми, нездатної зв'язувати та переносити кисень. При досягненні концентрації метгемоглобіну понад 20% у крові виникає загроза гіпоксії, що супроводжується задишкою, зниженням артеріального тиску та порушенням функціонального стану печінки. Це зумовлює зниження як фізичної

витривалості, так і когнітивної активності. Крім того, під впливом ферменту нітратредуктази, що активний у ротовій порожнині, стравоході та верхньому відділі шлунка, нітрати можуть відновлюватися до нітритів. Останні, у присутності амінів, вступають у реакції нітризації з утворенням нітрузоамінів і нітрузоамідів – сполук з вираженими канцерогенними, мутагенними та ембріотоксичними властивостями [18].

Найбільшу токсикологічну загрозу нітрати становлять для немовлят, у яких ще не сформовані ефективні механізми детоксикації зазначених сполук. Для дорослого організму допустимим вважається добове надходження нітратів у межах 300–325 мг, тоді як безпечна доза встановлюється на рівні 5 мг на кожен кілограм маси тіла. Токсичне навантаження для дорослих становить приблизно 600–650 мг нітратів на добу, тоді як для грудних дітей критична межа значно нижча — близько 10 мг на добу, що суттєво підвищує ризик розвитку метгемоглобінемії навіть при незначному надходженні нітратів з їжею чи водою.

Доведено, що аскорбінова кислота (вітамін «С»), а також вітаміни Е і А є інгібіторами, тобто вони відновлюють нітрати, пригнічуючи таким чином процес нітрузування. Тому, якщо людина буде постійно отримувати у достатній кількості вітаміни цих груп, то вона надійно нейтралізує шкідливу дію нітратів та нітритів [27].

Регламентування вмісту нітратів є ключовим елементом системи санітарно-гігієнічного контролю та моніторингу якості продукції рослинного походження. З цією метою в Україні розроблено нормативи максимально допустимих концентрацій нітратів у сільськогосподарській продукції, перевищення яких становить потенційну загрозу для здоров'я людини. За статистичними даними, понад 30% вітчизняної овочевої продукції мають вміст нітратів, що перевищує встановлені нормативи. Національні стандарти розроблені з урахуванням фактичного рівня нітратного забруднення, середньодобового споживання овочів населенням, а також реальних агротехнологічних можливостей забезпечення безпечних концентрацій нітратів у харчовій сировині [34, 35].

Кожний вид овочевих рослин має свої біологічні особливості в

накопиченні нітратів. Інколи виникають питання, чому легко отруїтися кавуном при відносно невеликому вмісті нітратів, зате буряком столовим із великим вмістом такого не спостерігається. Для кращого розуміння небезпеки нітратного забруднення в Україні регламентуються гранично допустимі концентрації (ГДК) в сільськогосподарських культурах (табл. 1.1).

Таблиця 1.1. – Гранично допустимі концентрації нітратів в продукції
рослинництва, мг/кг маси сирої речовини

Назва овочевої рослини	ГДК
Картопля рання / пізня	120 / 250
Капуста рання / пізня	900 / 500
Морква рання / пізня	400 / 250
Помідори відкритий ґрунт / парники	100 / 200
Огірки відкритий ґрунт / парники	150 / 300
Буряк столовий	1400
Цибуля ріпчаста	80
Цибуля-перо відкритий ґрунт / парники	600 / 800
Редиска, редька відкритий ґрунт / парники	1000 / 1500
Баклажан відкритий ґрунт / парники	200 / 300
Перець солодкий відкритий ґрунт / парники	200 / 400
Кабачки відкритий ґрунт / парники	200 / 400
Дині	90
Кавуни, гарбузи, виноград, столових сортів, яблука, груші	60
Листові овочі (салат, шпинат, щавель, петрушка, кріп) відкритий ґрунт / парники	2000 / 3000
Продукти дитячого харчування консерви: на фруктовій основі / на овочевій основі	50 / 100

*Примітка: *Ранні овочі вирощені до 1 вересня. Джерело [39]*

Причина тут в одному – кількості спожитих овочів: кавуна з апетитом з’їдаємо декілька кілограмів, а буряка – 1-2 ложки, та ще й після варіння. В організм людини нітрати можуть надходити також з м’ясопродуктами, молоком, питною водою тощо. Контроль за рівнем нітратів в продуктах харчування, зокрема в овочевих рослинах із споруд закритого ґрунту є важливим заходом запобігання нітратному отруєнню [37, 38].

Розділ 2

ПРОГРАМА, МЕТОДИКА ТА УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Програма проведення досліджень

У межах дослідження кваліфікаційної роботи передбачалося комплексне вивчення нітратного забруднення овочевої продукції на території Львівської області, що включало:

1. Визначення вмісту нітратів у свіжій овочевій продукції, вирощеній у різних природно-кліматичних та агроландшафтних умовах Львівської області. Об'єктами дослідження стали основні овочеві культури, які є найбільш поширеними серед населення, а саме: картопля; капуста білоголова; морква; буряк столовий; цибуля ріпчаста; редиска; помідори; огірки; кабачки; баклажани; перець солодкий; цибуля зелена; кріп; петрушка на зелень; салат листковий.

2. Моніторинг рівня нітратів у свіжій овочевій продукції, що реалізується на споживчому ринку м. Львова, зокрема на основних гуртових та роздрібних ринках: «Шувар»; «Привокзальний»; «Краківський». Метою екологічного моніторингу було виявлення можливих порушень санітарно-гігієнічних нормативів щодо вмісту нітратів у продукції, що надходить безпосередньо до споживача.

3. Комплексна екологічна оцінка нітратного забруднення овочевої продукції, вирощеної у приватних домогосподарствах Львівської області, з урахуванням адміністративно-територіального принципу та географічного напрямку в таких районах: Львівському; Дрогобицькому; Стрийському; Шептицькому; Самбірському; Золочівському; Яворівському.

4. Оцінювання здійснювалося шляхом вибіркового контролю та екологічної експертизи проб овочевої продукції, відібраної безпосередньо в приватних селянських господарствах у межах зазначених адміністративних одиниць. Аналіз проводився із застосуванням методів вибіркового контролю та екологічної експертизи зразків овочевої продукції, отриманої безпосередньо у селянських господарствах у межах зазначених адміністративних одиниць.

5. Вивчення сезонної динаміки нітратного забруднення овочевої продукції, зокрема визначення змін концентрації нітратів у різні фази вегетаційного періоду (весняно-літній, літньо-осінній) з метою встановлення періодів найвищого ризику перевищення гранично допустимих рівнів (ГДК) нітратів у продукції.

6. Визначення факторів, що впливають на накопичення нітратів, включаючи особливості агротехнічних заходів, типів ґрунтів, рівень мінералізації добрив, водний режим і природно-кліматичні особливості регіонів.

7. Розроблення агроекологічних рекомендацій та заходів, спрямованих на мінімізацію нітратного забруднення овочевої продукції, водних джерел та ґрунтового покриву.

2.2. Методика визначення нітратів в овочевій продукції

У проведених лабораторних дослідженнях на предмет визначення нітратів у рослинних зразках використовували Нітратомір Н-405 призначений для вимірювання показника концентрації нітратів (pcNO_3), а також ЕДС, масової частки (масової концентрації) нітратів у воді та рідких пробах, підготовлених відповідно до стандартних методик вимірювань (рис. 2.1).



Рис. 2.1. Нітратомір Н-405

Також нітратомер може вимірювати концентрацію нітратів у режимі експрес-аналізу безпосередньо в соку овочів і фруктів. Методика визначення нітратів у рослинній продукції потенціометричним методом з використанням нітратоміра Н-405

Принцип дії приладу відповідає чинним нормативно затвердженим методикам вимірювання вмісту нітратів, що регламентуються законодавством України. Нітратомір має офіційний сертифікат відповідності та включений до Державного реєстру засобів вимірювальної техніки України [26].

Метод визначення вмісту нітратів в овочевій продукції іонометричним (потенціометричний) методом регламентується таким нормативним документом: ДСТУ 4948:2008 Фрукти, овочі та продукти їх перероблення. Методи визначення вмісту нітратів. З поправкою [32].

Суть методу. Потенціометричне визначення вмісту нітратів ґрунтується на реєстрації електрорушійної сили (ЕРС) між нітрат-селективним електродом і електродом порівняння. Рівень ЕРС прямо пропорційний логарифму концентрації нітрат-іонів (NO_3^-) у розчині [26].

Обладнання та матеріали. Нітратомір Н-405 з вбудованим електродним блоком (робочий + порівняльний електрод). Калібрувальні розчини KNO_3 (2 і 20 мг/дм³ NO_3^-). Дистильована або деіонізована вода. Лабораторні ваги (з точністю до 0,01 г). Гомогенізатор або блендер. Сито або фільтр. Мірна склянка 100 мл, піпетки. Лабораторний журнал та таблиця для реєстрації результатів дослідження.

Підготовка проби.

3.1. Відібрання зразка: Зразки рослинної продукції (наприклад, буряк, морква, салат, кріп тощо) відбирають у кількості не менше 100–150 г від кожної культури. Видаляють неїстівні або пошкоджені частини. Зразки ретельно миють, очищають від залишків ґрунту, потім обсушують. Кількість зразків кожної культури ($n=10$).

3.2. Подрібнення: Продукцію подрібнюють до однорідної маси блендером або ножем. Для соковитих овочів допускається відтискання соку.

4. Отримання водного екстракту

Співвідношення: Для більшості овочів береться від 10 до 50 г зразка та

додається дистильована вода у співвідношенні 1:5 (наприклад, 20 г овочів + 100 мл води).

Настоювання: Суміш перемішують і залишають на 15–20 хвилин при кімнатній температурі, періодично струшуючи.

Очищення: Після настоювання екстракт фільтрують через сито або фільтрувальний папір до отримання прозорого розчину.

5. Калібрування приладу Н-405

5.1. Підготовка калібрувальних розчинів: Розчини 2 мг/дм^3 і $20 \text{ мг/дм}^3 \text{ NO}_3^-$ (можна використовувати стандартні набори).

5.2. Процедура калібрування: Увімкнути прилад, зачекати готовність. Занурити електрод у розчин $2 \text{ мг/дм}^3 \rightarrow$ натиснути кнопку «КАЛ 1». Промити електрод дистильованою водою. Занурити в розчин $20 \text{ мг/дм}^3 \rightarrow$ натиснути кнопку «КАЛ 2». Дочекатись завершення калібрування (відображається на екрані). Калібрування проводять перед кожною серією вимірювань або після тривалого простою приладу.

6. Вимірювання

Занурити електроди в підготовлений фільтрат (екстракт). Зачекати стабілізації показника (2–5 секунд). Зчитати значення на екрані в одиницях мг/кг маси сирової речовини (прилад автоматично перераховує концентрацію). Промити електроди дистильованою водою перед наступним вимірюванням. Промокнути електроди знизу фільтрувальним папером.

7. Обчислення та оформлення результатів

Якщо потрібно, можна перерахувати результат на суху масу чи інші одиниці. Результати порівнюють із ГДК нітратів, встановленими МОЗ України (наказ № 1140 від 23.07.2012): Наприклад: буряк — 1400 мг/кг , редиска — 1500 мг/кг , шпинат — 2500 мг/кг , тощо.

8. Точність і похибка

Прилад Н-405 має межу допустимої абсолютної похибки $\pm 15 \text{ мг/кг}$ при вимірюваннях у межах $50\text{--}1000 \text{ мг/кг}$. Рекомендується проводити 2–3 паралельні вимірювання для кожної проби. Чим більша кількість проб для вимірювання, тим точніший буде результат.

9. Заходи безпеки

Роботу проводити на рівній поверхні, уникати попадання вологи на прилад. Після завершення роботи електроди промити, витерти м'якою серветкою, зберігати в сухому стані. Не використовувати агресивні миючі засоби.

Потенціометричний метод із використанням приладу Н-405 дозволяє швидко, інформативно та без застосування реактивів визначити вміст нітратів у свіжій овочевій продукції безпосередньо в польових або лабораторних умовах. Це особливо зручно для експрес-контролю безпечності продуктів харчування.

2.3. Характеристика умов проведення дослідження

Ґрунтово-кліматичні умови Львівської області являють собою сукупність природних чинників, що визначають агроекологічний потенціал регіону, зокрема формування родючості ґрунтів, тривалість вегетаційного періоду, зволоження та можливості вирощування сільськогосподарських культур у різних природно-географічних зонах області. Львівська область розташована у західній частині України в межах Лісостепової та Карпатської природно-кліматичних зон, що зумовлює її значне ґрунтово-кліматичне різноманіття. Територія охоплює три природно-географічні райони: Опільський, Малополіський та Карпатський, кожен з яких має характерні особливості ґрунтового покриву, рельєфу та клімату [3, 20, 23].

Кліматичні умови. Клімат Львівської області помірно континентальний, з достатнім зволоженням і помірними температурними режимами. Середньорічна температура повітря становить $+7,5...+9\text{ }^{\circ}\text{C}$, з коливанням від $+19\text{ }^{\circ}\text{C}$ у липні до $-4...-6\text{ }^{\circ}\text{C}$ у січні. Річна кількість опадів коливається від 650–750 мм на рівнинах до 1000–1200 мм у передгір'ї та гірських районах, причому понад 60 % опадів випадає у теплий період року. Стійкий сніговий покрив формується з грудня до початку березня, а в Карпатах зберігається ще довше (рис. 2.2).

Вегетаційний період триває в середньому 200–215 днів, що є сприятливим для вирощування широкого спектра сільськогосподарських культур. Кількість

активних температур ($>10^{\circ}\text{C}$) становить у середньому $2300\text{--}2700^{\circ}\text{C}$ залежно від району, що забезпечує можливість вирощування теплолюбних культур у південній частині області. Проте останніми роками клімат став більш мінливим.

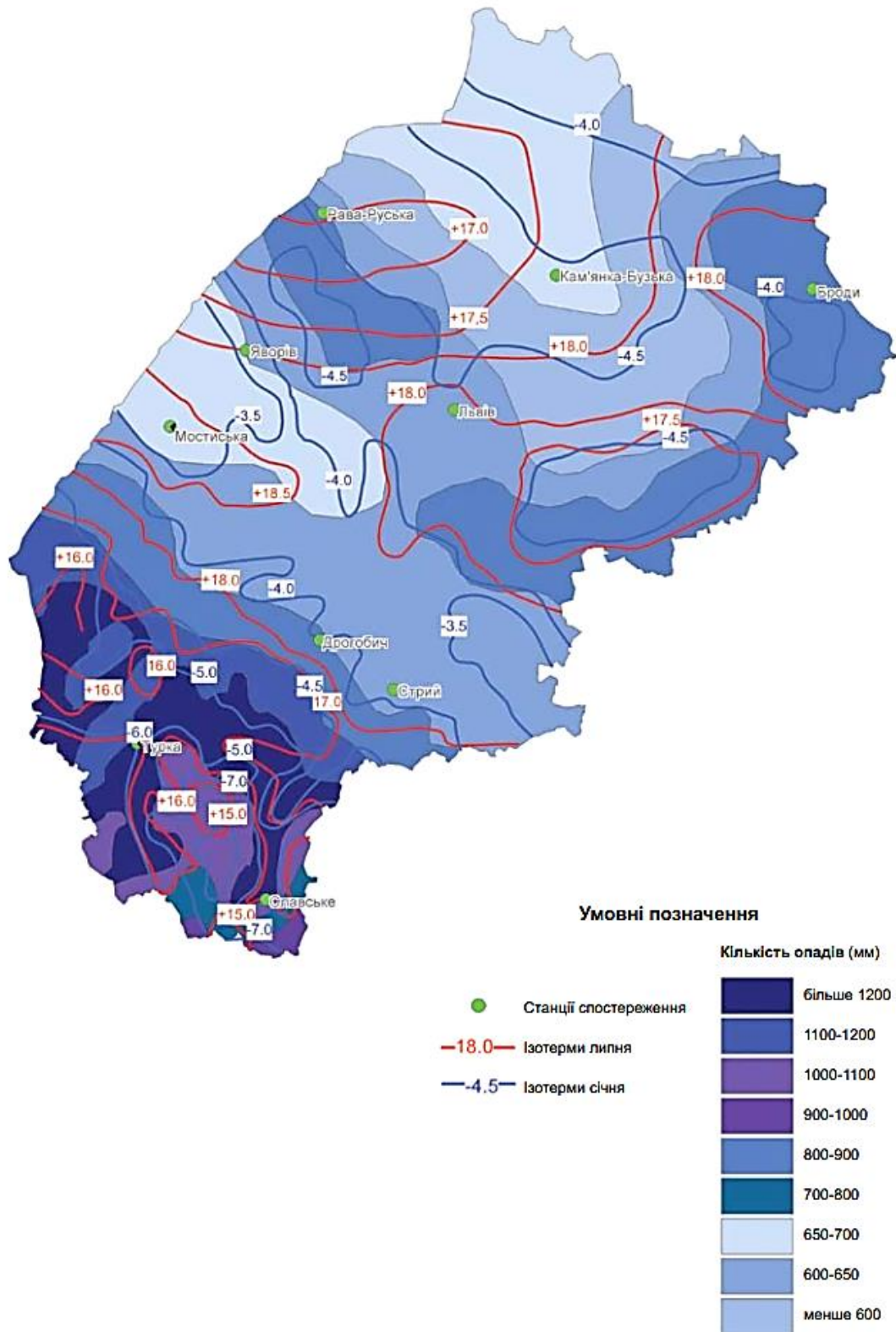


Рис. 2.2. Середньорічна кількість опадів (мм) та ізотерм температур липня і січня ($^{\circ}\text{C}$) на території Львівської області [20]

Ґрунтові умови. Ґрунтовий покрив Львівщини є надзвичайно мозаїчним і представлений широким спектром ґрунтових типів. Найпоширенішими є дерново-підзолисті, сірі лісові, чорноземні, лучні, болотні та буроземні ґрунти. Їхній розподіл тісно пов'язаний із геоморфологічними особливостями, типом рослинності, гідрологічними умовами та характером ґрунтоутворювальних порід.

У північній частині області (Полісся) переважають дерново-підзолисті ґрунти на піщаних і супіщаних відкладах із невисокою родючістю та кислотністю рН 4,5–5,5. У зоні Опілля та в центральних районах — сірі та темно-сірі лісові ґрунти, які характеризуються глибоким гумусовим горизонтом, середнім або підвищеним рівнем родючості, рН 5,5–6,5, вмістом гумусу 2,5–3,5 %.

У південно-східній частині Львівщини зустрічаються чорноземи опідзолені та типові, найбільш придатні для вирощування зернових, технічних і кормових культур. Вміст гумусу в них досягає 3,5–4,5 %, рН близький до нейтрального. Лучні та болотні ґрунти формуються в долинах річок (Дністер, Західний Буг, Стрий), часто мають надлишкове зволоження, підвищену кислотність і потребують меліорації.

У передгір'ї та гірській частині Карпатського регіону домінують буроземи, дерново-буроземні ґрунти й гірсько-лісові ґрунти, які мають середню кислотність і помірну родючість. Через складний рельєф і ризик ерозійних процесів вони переважно використовуються під лісові угіддя та пасовища [3].

Агрокліматичний потенціал Львівщини. Агрокліматичні ресурси області є достатніми для вирощування зернових, овочевих, плодоягідних культур, а також кормових трав. Однак відчутною є регіональна нерівномірність у розподілі родючих ґрунтів, запасів вологи, рельєфу та температурних режимів. Тому ефективно сільське господарство вимагає адаптації технологій до конкретних ґрунтово-кліматичних умов.

Так, в природній зоні Опілля успішно вирощуються зернові та бобові культури, на чорноземах — технічні культури (цукрові буряки, соя, ріпак), у долинах річок — овочі відкритого ґрунту. У Карпатському регіоні домінують тваринництво, лісове господарство, а також вирощування ягід, зокрема лохини, малини, чорниці, які потребують кислих ґрунтів [23].

Розділ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Моніторинг нітратного забруднення овочевої продукції на ринках м. Львова

Одним із ключових напрямів сучасного екологічного контролю є забезпечення санітарно-гігієнічної безпеки харчових продуктів, зокрема овочевої продукції, що надходить до споживача. Вміст нітратів у свіжих овочах залишається одним із важливих показників якості та безпечності, оскільки надмірне їх накопичення становить загрозу для здоров'я населення. Особливо актуальним є здійснення моніторингу на ринках, де продукція реалізується у свіжому вигляді без промислової переробки, що передбачає високий ступінь відповідальності за дотримання нормативних обмежень [27, 34, 35].

У цьому розділі представлено результати дослідження, проведеного на основних гуртових та роздрібних ринках м. Львова — «Шувар», «Привокзальний» та «Краківський», які відіграють провідну роль у забезпеченні населення овочевою продукцією. Метою даного етапу екологічного моніторингу було виявлення можливих перевищень гранично допустимих концентрацій нітратів, встановлених чинними санітарно-гігієнічними нормативами, а також оцінка потенційних ризиків, пов'язаних із вживанням такої продукції. Отримані результати дворічних досліджень дозволяють здійснити об'єктивну екологічну оцінку якості овочевої продукції, що реалізується на споживчому ринку, та обґрунтувати необхідність посилення контролю за її безпечністю.

Аналіз таблицю 3.1 відображає результати аналізу вмісту нітратів у 15 видах овочевої продукції з ринку «Шувар» (по 10 проб кожного виду, загалом 150 зразків). Встановлено, що перевищення гранично допустимих концентрацій (ГДК) нітратів виявлено у 5 культурах: редисці (32,0%), салаті листовому (17,0%), цибулі зеленій (17,5%), капусті білоголовій (6,0%) та буряку столовому (6,4%). Загалом перевищення зафіксовано у 10 зразках, що становить 6,7% від загальної кількості досліджених проб.

Таблиця 3.1. – Вміст нітратів в овочевій продукції з ринку «Шувар»,
мг/кг маси сирової речовини

Назва культури	Концентрація нітратів, мг/кг			Перевищення ГДК, %	К-сть проб в яких виявлено перевищення ГДК
	$X \pm m$	min-max	ГДК		
Картопля	110±7,5	82-118	120	-	-
Капуста білоголова	117±9,9	96-530	500	6,0	1
Морква	173±16,1	67-226	250	-	-
Буряк столовий	345±17,6	320-1490	1400	6,4	2
Цибуля ріпчаста	56±2,7	35-77	80	-	-
Редиска	568±33,5	484-1320	1000	32,0	3
Помідори	78±5,0	52-84	100	-	-
Огірки	113±6,4	67-139	150	-	-
Кабачки	54±3,9	42-91	200	-	-
Баклажани	96±5,1	75-128	200	-	-
Перець солодкий	73±4,7	48-95	200	-	-
Цибуля зелена	322±24,2	263-705	600	17,5	1
Кріп	649±40,2	602-2116	2000	5,8	1
Петрушка на зелень	686±52,8	629-1810	2000	-	-
Салат листковий	1393±68,3	895-2340	2000	17,0	1

Примітка: овочі з відкритого ґрунту; кількість рослинних зразків кожної культури ($n=10$)

Результати досліджень свідчать (табл. 3.2), що у відібраних зразках овочевої продукції з ринку «Привокзальний» перевищення гранично допустимих концентрацій нітратів виявлено у шести культурах, зокрема у редисці (26,4%), салаті листовому (12,3%), буряку столовому (8,0%), цибулі зеленій (8,0%), петрушці (6,0%) та кропі (4,9%). Загальна кількість проб із перевищенням нормативів становила 9 одиниць, що складає 6% від загальної кількості проаналізованих зразків. Найменшу здатність до накопичення нітратів продемонстрували кабачки, перець солодкий, помідори, картопля, цибуля ріпчаста та капуста білоголова — у жодній із проб цих овочів перевищень ГДК не зафіксовано. Ці результати свідчать про відносну стабільність нітратного

навантаження в певних культурах та необхідність посиленого контролю за продукцією з підвищеною здатністю до акумулювання нітратів.

Таблиця 3.2. – Вміст нітратів в овочевій продукції з ринку «Привокзальний»,
мг/кг маси сирової речовини

Назва культури	Концентрація нітратів, мг/кг			Перевищення ГДК, %	К-сть проб в яких виявлено перевищення ГДК
	$X \pm m$	min-max	ГДК		
Картопля	105±7,7	80-115	120	-	-
Капуста білоголова	126±9,2	95-197	500	-	-
Морква	165±10,4	66-231	250	-	-
Буряк столовий	512±26,1	318-1512	1400	8,0	1
Цибуля ріпчаста	63±3,0	34-73	80	-	-
Редиска	523±30,9	492-1264	1000	26,4	2
Помідори	49±3,1	55-80	100	-	-
Огірки	96±5,5	63-145	150	-	-
Кабачки	79±5,7	41-87	200	-	-
Баклажани	119±6,3	70-135	200	-	-
Перець солодкий	64±4,1	45-94	200	-	-
Цибуля зелена	264±19,8	279-648	600	8,0	2
Кріп	689±42,7	587-2097	2000	4,9	1
Петрушка на зелень	724±51,4	633-2120	2000	6,0	1
Салат листковий	1217±66,9	874-2245	2000	12,3	2

Примітка: овочі з відкритого ґрунту; кількість рослинних зразків кожної культури ($n=10$)

Встановлено, що у відібраних зразках овочевих рослин з ринку «Краківський» перевищення гранично допустимої концентрації (ГДК) нітратів зафіксовано у 10%–22% проб деяких культур, зокрема у редисці (1219 мг/кг при ГДК 1000 мг/кг, 2 проби), салаті листовому (2270 мг/кг при ГДК 2000 мг/кг, 2 проби) та кропі (2354 мг/кг при ГДК 2000 мг/кг, 1 проба). Найвищу концентрацію нітратів серед усіх зразків зафіксовано в кропі. Загалом у п'яти видах овочів виявлено проби, в яких концентрація нітратів перевищувала ГДК (табл. 3.3).

Таблиця 3.3. – Вміст нітратів в овочевій продукції з ринку «Краківський»,
мг/кг маси сирової речовини

Назва культури	Концентрація нітратів, мг/кг			Перевищення ГДК, %	К-сть проб в яких виявлено перевищення ГДК
	$X \pm m$	min-max	ГДК		
Картопля	84±5,8	55-135	120	12,5	1
Капуста білоголова	89±7,6	73-534	500	6,8	1
Морква	147±12,2	62-238	250	-	-
Буряк столовий	423±21,6	286-1479	1400	5,6	1
Цибуля ріпчаста	49±2,4	37-68	80	-	-
Редиска	615±38,1	451-1219	1000	21,9	2
Помідори	63±4,0	50-81	100	-	-
Огірки	128±7,3	62-165	150	10,0	1
Кабачки	82±5,9	39-97	200	-	-
Баклажани	77±2,5	58-115	200	-	-
Перець солодкий	49±2,6	37-88	200	-	-
Цибуля зелена	288±23,3	224-689	600	14,8	1
Кріп	754±39,5	622-2354	2000	17,7	1
Петрушка на зелень	636±42,6	589-1820	2000	-	-
Салат листковий	1095±64,5	895-2270	2000	13,5	2

Примітка: овочі з відкритого ґрунту; кількість рослинних зразків кожної культури ($n=10$)

Таким чином, у відібраних зразках овочевої продукції з провідних ринків м. Львова виявлено перевищення ГДК нітратів у ряді культур, що свідчить про потенційні порушення агротехнологічних норм або надмірне внесення азотних добрив. Зокрема, підвищений вміст нітратів зафіксовано в таких овочах як капуста білоголова, буряк столовий та редиска. Особливу увагу слід звернути на листові овочі, серед яких перевищення встановлено у зразках цибулі зеленої, кропу, петрушки та салату листового. Листова зелень відома високою здатністю до акумулювання нітратів через значну активність метаболічних процесів у тканинах та безпосередній контакт з поверхнею ґрунту, що зумовлює підвищений ризик перевищення допустимих норм у зазначеній групі продукції.

3.2. Порівняльна екологічна оцінка нітратного забруднення овочевої продукції за адміністративними районами Львівської області

Відповідно до програми досліджень була проведена комплексна екологічна оцінка нітратного забруднення овочевої продукції, вирощеної у приватних домогосподарствах Львівської області, з урахуванням адміністративно-територіального принципу в таких районах та населених пунктах: Львівський (с. Лужки, с. Туринка, с. Жовтанці, с. Коросно, с. Завидовичі); Дрогобицький район (с. Східниця, с. Верхні Гаї, с. Грушів, с. Нагуєвичі, с. Новосілка); Стрийський (с. Тростянець, с. Черниця, с. Зарічне, с. Волосянка, с. Потік); Самбірський (с. Михайловичі, с. Кульчиці, с. Губичі, с. Стрільбичі, с. Завадівка); Шептицький (с. Войславичі, с. Хлівчани, с. Завидче, с. Реклинець, с. Яструбичі); Золочівський (с. Йосипівка, с. Конюшків, с. Підгір'я, с. Кізлів, с. Тур'я); Яворівський (с. Лелехівка, с. Вороблячин, с. Калинівка, с. Саннки, с. Баличі).

У кожному районі було обрано п'ять населених пунктів за принципом географічного розташування, щоб охопити весь район за всіма напрямками (західна, східна, північна, південна та центральна частина). З кожного населеного пункту (села) відбирали три зразки кожної овочевої культури. Таким чином в кожному з адміністративних районів було відібрано 15 рослинних зразків кожної овочевої культури (сумарна кількість зразків $n=225$).

На основі проведеної порівняльної екологічної оцінки нітратного забруднення овочевої продукції за адміністративними районами Львівської області встановлено, що у Львівському районі було виявлено перевищення значення ГДК у буряку столовому, редисці, цибулі зеленій та салату листовому.

Виявлено, що перевищення ГДК у зразках буряка столового (1580 мг/кг при ГДК 1400 мг/кг), редиски (1215 мг/кг при ГДК 1000 мг/кг) і салату листового (2203 мг/кг при ГДК 2000 мг/кг), при цьому найбільше перевищення зафіксовано саме у салаті. У буряку столовому та редисці такі відхилення виявлено відповідно в одній та двох пробах, що становить 12,9% і 21,5% від загальної кількості. Крім того, у зразку зеленої цибулі також встановлено

перевищення допустимого рівня на 8,3%. З-поміж усіх досліджених культур листова зелень традиційно демонструє підвищені показники нітратів, що пов'язано з біологічними особливостями накопичення.

Таблиця 3.4. – Рівень нітратного забруднення овочевої продукції приватного сектору Львівського району

Назва культури	Концентрація нітратів, мг/кг			Перевищення ГДК, %	К-сть проб в яких виявлено перевищення ГДК
	$X \pm m$	min-max	ГДК		
Картопля	87±5,9	56-112	120	-	-
Капуста білоголова	93±7,9	64-420	500	-	-
Морква	130±12,1	81-226	250	-	-
Буряк столовий	412±21,0	312-1580	1400	12,9	1
Цибуля ріпчаста	42±2,0	30-68	80	-	-
Редиска	580±34,2	439-1215	1000	21,5	2
Помідори	62±4,0	44-82	100	-	-
Огірки	85±5,6	59-135	150	-	-
Кабачки	64±4,3	38-115	200	-	-
Баклажани	87±7,5	72-137	200	-	-
Перець солодкий	82±5,2	45-91	200	-	-
Цибуля зелена	293±22,0	224-650	600	8,3	1
Кріп	654±40,5	560-1830	2000	-	-
Петрушка на зелень	575±44,3	598-1766	2000	-	-
Салат листковий	1168±57,2	810-2203	2000	10,2	1

Примітка: овочі з відкритого ґрунту; кількість рослинних зразків кожної культури ($n=15$)

На основі проведених досліджень встановлено, що у приватному секторі Дрогобицького району перевищення гранично допустимих концентрацій нітратів виявлено в 8 видах овочів (табл. 3.5). Найбільші відхилення зафіксовано у зразках листового салату, де вміст нітратів досягав 2420 мг/кг при нормативі 2000 мг/кг, а також у редисці — 1420 мг/кг при ГДК 1000 мг/кг. У 42% зразків редиски, 21,6% капусти білоголової та 21,5% цибулі зеленої було виявлено

перевищення допустимих норм. Окремі проби моркви, буряка, огірків та баклажанів також мали вміст нітратів вищий за ГДК, хоча рівень перевищення був менш значним. Загалом дані таблиці свідчать про наявність нітратного навантаження в окремих культурах, особливо серед листових овочів, що потребує подальшого моніторингу.

Таблиця 3.5. – Рівень нітратного забруднення овочевої продукції приватного сектору Дрогобицького району

Назва культури	Концентрація нітратів, мг/кг			Перевищення ГДК, %	К-сть проб в яких виявлено перевищення ГДК
	$X \pm m$	min-max	ГДК		
Картопля	112±7,6	85-115	120	-	-
Капуста білоголова	126±10,7	90-608	500	21,6	2
Морква	165±15,3	71-282	250	12,8	1
Буряк столовий	508±25,9	389-1534	1400	9,6	1
Цибуля ріпчаста	65±3,1	38-77	80	-	-
Редиска	724±42,7	490-1420	1000	42,0	2
Помідори	79±5,1	59-90	100	-	-
Огірки	118±6,7	69-168	150	12,0	2
Кабачки	80±5,8	44-110	200	-	-
Баклажани	106±5,6	83-245	200	22,5	1
Перець солодкий	70±4,5	45-107	200	-	-
Цибуля зелена	344±25,8	294-729	600	21,5	2
Кріп	768±47,6	657-2286	2000	14,3	1
Петрушка на зелень	689±53,1	634-1840	2000	-	-
Салат листовий	1367±67,0	909-2420	2000	21,0	2

Примітка: овочі з відкритого ґрунту; кількість рослинних зразків кожної культури ($n=15$)

Дослідженнями встановлено, що у зразках овочевої продукції приватного сектору Стрийського району виявлено перевищення гранично допустимих концентрацій нітратів у дев'яти культурах (табл. 3.6). Найвищі показники зафіксовано у зразках кропу (2354 мг/кг при ГДК 2000 мг/кг) і листового салату

(2150 мг/кг при ГДК 2000 мг/кг), а також у редисці, де вміст нітратів сягав 1354 мг/кг при нормі 1000 мг/кг. Перевищення виявлено у 35,4% проб редиски, 18,2% цибулі зеленої, 16% моркви та 14,9% буряка, що свідчить про значне нітратне навантаження.

Варто зазначити, що Стрийський район характеризується підвищеною кількістю опадів з порівняння районів Львівщини, особливо у вегетаційний період, що могло сприяти активнішому засвоєнню азотних сполук овочевими культурами, зокрема тими, що мають інтенсивний метаболізм. Це підтверджує необхідність комплексного врахування кліматичних факторів при оцінюванні ризику накопичення нітратів в овочевій продукції (табл. 3.6).

Таблиця 3.6. – Рівень нітратного забруднення овочевої продукції приватного сектору Стрийського району

Назва культури	Концентрація нітратів, мг/кг			Перевищення ГДК, %	К-сть проб в яких виявлено перевищення ГДК
	$\bar{X} \pm m$	min-max	ГДК		
Картопля	120±8,5	69-135	120	12,5	1
Капуста білоголова	144±12,2	77-568	500	13,6	1
Морква	189±17,6	85-290	250	16,0	1
Буряк столовий	593±30,2	345-1608	1400	14,9	2
Цибуля ріпчаста	77±3,7	39-74	80	-	-
Редиска	781±46,1	455-1354	1000	35,4	1
Помідори	94±6,0	49-90	100	-	-
Огірки	135±7,7	64-140	150	-	-
Кабачки	91±6,5	52-171	200	-	-
Баклажани	124±7,9	84-237	200	-	-
Перець солодкий	83±5,3	47-118	200	-	-
Цибуля зелена	368±27,6	233-709	600	18,2	2
Кріп	886±54,9	627-2354	2000	17,7	2
Петрушка на зелень	738±56,8	605-2090	2000	-	-
Салат листковий	1490±82,0	934-2150	2000	7,5	1

Примітка: овочі з відкритого ґрунту; кількість рослинних зразків кожної культури (n=15)

Отримані результати досліджень підтверджують, що у приватному секторі Шептицького району найвищі концентрації нітратів виявлено у зразках листового салату (2203 мг/кг при ГДК 2000 мг/кг) та редиски (1215 мг/кг при ГДК 1000 мг/кг), де кількість проб з перевищенням становила відповідно 10,2% та 21,5% (табл. 3.7).

Таблиця 3.7. – Рівень нітратного забруднення овочевої продукції приватного сектору Шептицького району

Назва культури	Концентрація нітратів, мг/кг			Перевищення ГДК, %	К-сть проб в яких виявлено перевищення ГДК
	$X \pm m$	min-max	ГДК		
Картопля	73±5,0	56-112	120	-	-
Капуста білоголова	90±7,7	64-420	500	-	-
Морква	123±11,6	81-226	250	-	-
Буряк столовий	390±19,8	312-1580	1400	12,9	1
Цибуля ріпчаста	38±1,7	30-68	80	-	-
Редиска	515±30,4	439-1215	1000	21,5	2
Помідори	56±3,5	44-82	100	-	-
Огірки	74±4,2	59-135	150	-	-
Кабачки	55±4,0	38-115	200	-	-
Баклажани	81±4,7	72-137	200	-	-
Перець солодкий	49±3,1	45-91	200	-	-
Цибуля зелена	274±20,6	224-650	600	8,3	1
Кріп	616±38,2	560-1830	2000	-	-
Петрушка на зелень	533±41,0	598-1766	2000	-	-
Салат листовий	1105±54,8	810-2203	2000	10,2	1

Примітка: овочі з відкритого ґрунту; кількість рослинних зразків кожної культури ($n=15$)

Перевищення допустимих норм також встановлено у зразках буряка столового (1580 мг/кг) і зеленої цибулі, хоча частка таких проб була меншою — 12,9% та 8,3% відповідно. Найменшу здатність до накопичення нітратів продемонстрували картопля (73 мг/кг), кабачки (55 мг/кг), перець солодкий

(49 мг/кг), помідори (56 мг/кг) та ріпчаста цибуля (38 мг/кг), де усі значення залишалися нижчими за гранично допустимі (див. табл. 3.7). Це свідчить про відносну безпечність вказаних культур щодо нітратного навантаження. Загалом встановлено, що листова зелень, зокрема салат та кріп, є найбільш вразливою до накопичення нітратів і потребує посиленого контролю.

Дослідженнями встановлено, що в овочевій продукції приватного сектору Самбірського району найбільші концентрації нітратів виявлено у листовому салаті (2408 мг/кг при ГДК 2000 мг/кг), кропі (2219 мг/кг) та петрушці (2115 мг/кг), що вказує на високу здатність листових овочів до накопичення нітратів (табл. 3.8).

Таблиця 3.8. – Рівень нітратного забруднення овочевої продукції приватного сектору Самбірського району

Назва культури	Концентрація нітратів, мг/кг			Перевищення ГДК, %	К-сть проб в яких виявлено перевищення ГДК
	$X \pm m$	min-max	ГДК		
Картопля	115±7,8	68-138	120	15,0	1
Капуста білоголова	135±11,5	77-580	500	16,0	1
Морква	177±16,5	93-235	250	-	-
Буряк столовий	552±28,2	360-1607	1400	14,8	2
Цибуля ріпчаста	72±3,5	44-73	80	-	-
Редиска	763±45,0	485-1307	1000	30,7	1
Помідори	88±5,6	49-89	100	-	-
Огірки	124±7,1	60-169	150	12,7	1
Кабачки	86±6,2	42-145	200	-	-
Баклажани	119±7,9	81-270	200	35,0	1
Перець солодкий	75±4,8	55-128	200	-	-
Цибуля зелена	351±26,3	248-715	600	19,2	2
Кріп	829±51,4	650-2219	2000	11,0	1
Петрушка на зелень	708±54,6	607-2115	2000	5,8	1
Салат листовий	1421±69,3	930-2408	2000	20,4	2

Примітка: овочі з відкритого ґрунту; кількість рослинних зразків кожної культури (n=15)

Найвищий відсоток перевищень ГДК зафіксовано у баклажанах (35,0%), редисці (30,7%) та цибулі зеленій (19,2%). Тоді як найменші середні концентрації нітратів виявлено у переці солодкому (75 мг/кг), цибулі ріпчастій (72 мг/кг) та кабачках (86 мг/кг), що свідчить про їх нижчу здатність до нагромадження нітратного азоту. Перевищення ГДК нітратів може бути зумовлене підвищеними опадами у вегетаційний період, що посилюють засвоєння азоту рослинами.

Отримані результати свідчать, що у Золочівському районі найвищі концентрації нітратів зафіксовано в зразках листового салату (2253 мг/кг при ГДК 2000 мг/кг), кропу (2177 мг/кг) та петрушки (1890 мг/кг), що вказує на схильність листових овочів до накопичення надлишку нітратного азоту (табл. 3.9).

Таблиця 3.9. – Рівень нітратного забруднення овочевої продукції приватного сектору Золочівського району

Назва культури	Концентрація нітратів, мг/кг			Перевищення ГДК, %	К-сть проб в яких виявлено перевищення ГДК
	$X \pm m$	min-max	ГДК		
Картопля	98±5,7	64-114	120	-	-
Капуста білоголова	120±9,0	76-437	500	-	-
Морква	139±12,8	88-230	250	-	-
Буряк столовий	487±24,5	345-1390	1400	-	-
Цибуля ріпчаста	54±2,6	35-72	80	-	-
Редиска	689±49,3	454-1092	1000	9,2	1
Помідори	72±4,6	47-88	100	-	-
Огірки	103±9,9	62-137	150	-	-
Кабачки	75±5,4	40-134	200	-	-
Баклажани	98±52	75-185	200	-	-
Перець солодкий	63±4,0	49-114	200	-	-
Цибуля зелена	335±25,1	235-675	600	12,5	1
Кріп	727±45,3	610-2177	2000	8,9	1
Петрушка на зелень	652±43,7	576-1890	2000	-	-
Салат листовий	1281±45,5	815-2253	2000	12,7	1

Примітка: овочі з відкритого ґрунту; кількість рослинних зразків кожної культури (n=15)

Перевищення ГДК виявлено у зразках редиски (9,2%), зеленої цибулі (12,5%) та салату (12,7%), що свідчить про потенційний ризик для споживачів. Найменші середні концентрації нітратів встановлено у цибулі ріпчастій (54 мг/кг), перці солодкому (63 мг/кг), помідорах (72 мг/кг) та кабачках (75 мг/кг), які належать до культур з низькою здатністю до нагромадження нітратів. Загалом більшість зразків овочевої продукції відповідали санітарним нормам, проте листова зелень потребує постійного контролю.

Аналізуючи таблицю 3.10, слід сказати, що в овочевій продукції приватного сектору Яворівського району зафіксовано перевищення гранично допустимих концентрацій нітратів у шести видах культур.

Таблиця 3.10. – Рівень нітратного забруднення овочевої продукції приватного сектору Яворівського району

Назва культури	Концентрація нітратів, мг/кг			Переви- щення ГДК, %	К-сть проб в яких виявлено переви- щення ГДК
	$X \pm m$	min-max	ГДК		
Картопля	92±6,5	60-121	120	-	-
Капуста білоголова	115±7,5	74-543	500	8,6	1
Морква	136±11,3	86-238	250	-	-
Буряк столовий	462±23,6	337-1468	1400	4,9	1
Цибуля ріпчаста	47±2,3	34-74	80	-	-
Редиска	639±37,3	449-1190	1000	19,0	1
Помідори	66±4,9	46-92	100	-	-
Огірки	92±5,2	63-142	150	-	-
Кабачки	70±5,0	42-136	200	-	-
Баклажани	92±4,9	75-256	200	28,0	1
Перець солодкий	58±3,7	47-127	200	-	-
Цибуля зелена	311±23,3	235-728	600	21,3	1
Кріп	693±36,0	588-1940	2000	-	-
Петрушка на зелень	620±41,5	602-1821	2000	-	-
Салат листовий	1213±71,6	839-2355	2000	17,8	1

Примітка: овочі з відкритого ґрунту; кількість рослинних зразків кожної культури (n=15)

Таким чином, найвищий вміст нітратів виявлено у зразках листового салату (2355 мг/кг при ГДК 2000 мг/кг), кропу (1940 мг/кг) і петрушки (1821 мг/кг). Незначне перевищення нітратів також виявлено у баклажанах (256 мг/кг при ГДК 200 мг/кг), капусті білоголовій та буряку столовому, однак у меншій частці проб. Найбезпечнішими щодо вмісту нітратів виявилися помідори, перець солодкий, кабачки та ріпчаста цибуля, де концентрації нітратного азоту були нижчими за нормативні значення (див. табл. 3.10).

Встановлено, що найбільша кількість зразків із перевищенням гранично допустимих концентрацій нітратів зафіксована у Стрийському, Самбірському та Дрогобицькому районах області. Виявлена закономірність, імовірно, зумовлена підвищеним рівнем атмосферних опадів у період вегетації та ґрунтовим умовами, що сприяє інтенсивнішому засвоєнню нітратів овочевими культурами.

Результати досліджень підкреслюють важливість посиленого екологічного контролю за листовими овочами, а також необхідність адаптації агротехнологічних підходів до специфічних агрокліматичних умов регіону. З огляду на виявлені перевищення, доцільним є удосконалення технологій вирощування з урахуванням біологічних особливостей культур і впливу погодних чинників на накопичення нітратів.

3.3. Сезонна динаміка концентрації нітратів в овочевій продукції Львівської області

Вміст нітратів у овочевих культурах є динамічним показником, що змінюється залежно від комплексу більше як двадцяти факторів, серед яких ключову роль відіграє сезон вирощування. Сезонна динаміка накопичення нітратів обумовлена біологічними особливостями рослин, агротехнічними прийомами, рівнем мінерального живлення, температурними умовами, інтенсивністю освітлення, тривалістю вегетаційного періоду та вологістю ґрунту. Особливої актуальності це питання набуває в контексті забезпечення безпечності харчових продуктів та дотримання встановлених гігієнічних нормативів щодо вмісту нітратів [1, 2, 43].

Як правило, у весняний період, за умов недостатнього сонячного освітлення, низьких температур та інтенсивного використання азотних добрив, спостерігається підвищене накопичення нітратів у ранньостиглих овочах. Натомість в осінній період, завдяки тривалішій дії природних факторів мінералізації та оптимальнішому балансу фотосинтетичної активності, рівень нітратного забруднення у тій самій продукції, як правило, знижується [22, 40].

На основі проведених досліджень встановлено, що сезонна динаміка вмісту нітратів в овочах Львівської області характеризується суттєвими відмінностями між весняним та осіннім періодами. Найбільше зростання нітратів у весняний сезон спостерігається у листовому салаті – на 72% (з 1280 мг/кг восени до 2200 мг/кг навесні), у кропі – на 65% (з 1340 до 2210 мг/кг), а також у редисці – на 45% (з 700 до 1015 мг/кг). Значне підвищення також відмічено в зеленій цибулі – на 35% (з 480 до 650 мг/кг). Це свідчить про високу чутливість цих овочів до менш сприятливих умов інтенсивності освітлення, що також пов'язано з низькою активністю фермента нітратредуктази. Натомість у таких культурах, як картопля, капуста білоголова, морква та цибуля ріпчаста, сезонні коливання нітратів є незначними (8–15%), що пов'язано з біологічними особливостями цих культур (рис. 3.1).

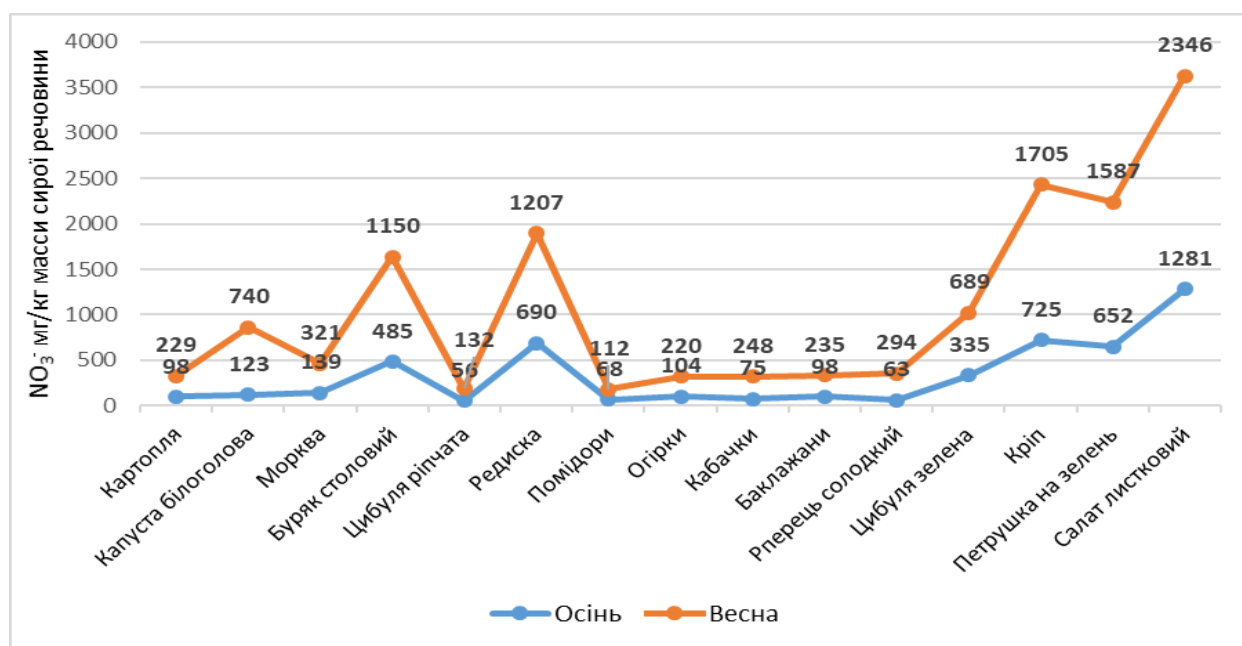


Рис. 3.1. Сезонна динаміка вмісту нітратів в овочевій продукції
Львівської області, мг/кг маси сирої речовини

На вміст нітратів в овочах, які вирощують в умовах захищеного ґрунту впливає освітлення і температура. Так, надмірне накопичення нітратів особливо відзначено у тепличному салаті, редисці, зелені цибулі. Це пов'язано з вирощуванням рослин на багатих органікою та азотним живленням ґрунтах, та несприятливими, особливо в зимовий період умовами синтезу нітратів, особливо недостатнє освітлення. Тому фактори, що гальмують процес фотосинтезу сповільнюють і швидкість відновлення нітратів [41].

За вирощування овочів у закритому ґрунті важливим є збалансоване застосування азотних добрив під овочеві культури, з використанням також мікродобрив [36]. В тепличних овочах допустимі рівні нітратів дещо вищі, що пов'язано з меншою активністю нітроредуктази через слабе освітлення. В таких випадках споруди закритого ґрунту до освітлюють при потребі за 1-2 тижні перед збиранням врожаю, а на сучасних спорудах закритого ґрунту встановлюють сонячні модулі для використання електроенергії у нічний час, що є економічно доцільно [10, 17, 28].

3.4. Розробка агротехнічних заходів направлених на зменшення нітратів в овочевих рослинах

Зменшення вмісту нітратів в овочах сьогодні приділяють велику і серйозну увагу. В деяких країнах продукти сільського господарства, які отримані без хімічних добавок і різноманітних препаратів (так звані екологічні продукти) в рази дорожчі за звичайні. Овочівники мають добре пам'ятати, що при правильному удобренні, підборі сортів та гібридів, догляду за рослинами, збиранню врожаю надлишок нітратів в них не буде. Наукою і практикою підтвердженні відомі відомості про доступні агроприйоми, що знижують кількість NO_3^- в овочах. Головна умова – це збалансована система удобрення макро- і мікроелементами і сприятливі екологічні та погодні умови.

Отже, регулювання вмісту нітратів у рослинах здійснюється комплексом агрохімічних, технологічних, селекційно-генетичних та санітарно-гігієнічних заходів. Насамперед слід використовувати обмежені норми азотних добрив, при

застосуванні яких рівень нітратів не досягає критичних значень. Для різних агрокліматичних зон вони будуть диференціюватися залежно від культури, величини урожаю та агрохімічних характеристик ґрунту (на Поліссі – 150 кг/га, в Лісостепу – 140, в Степу – 120 кг/га)

Овочівниками розроблена короткі рекомендації по використанню азотних добрив у вегетаційний період. Відзначається, що найбільш повна віддача очікується на ґрунтах, які містять до 90 мг нітратів на 1 кг ґрунту, і добре забезпечені рухомими формами фосфору і калію. Внесення азотних добрив на кислих ґрунтах (рН менше 5,0) призводить до газоподібним втратам азоту (N_2O) і забрудненню навколишнього середовища нітратами через слабку біологічну здатність засвоєння його рослинами. Межа допустимої концентрації (ГДК) нітратів у ґрунті – 130 мг/кг ґрунту. На овочевих плантаціях, які мають вміст нітратів більше цієї межі, вносити азот не рекомендується [8, 12].

Листкові овочі, які вирощують на ґрунтах з багатим вмістом гумусу вище 5%, зазвичай концентрують нітратів на 20-25% більше, ніж вирощені на більш бідніших ґрунтах.

Вміст нітратів знижується в результаті застосування комплексних повільнодіючих концентрованих форм добрив, при застосуванні яких знижується вміст NO_3^- в овочах у 5-10 разів. Гранули таких добрив покриті капсулами, захисними плівками, які знижують швидкість розчинення їх і забезпечують рівномірне живлення рослин азотом, фосфором і калієм протягом усього періоду вегетації. Так, наприклад внесення концентрованого фізіологічно нейтрального мінерального добрива нітроамофоски марки 16:16:16 та ін. рівномірно забезпечує овочеві рослини біогенними елементами (NPK) протягом вегетації, покращує хімічні і фізичні властивості ґрунту [19, 36].

Отже, форми азотних добрив відіграють важливу роль. Аміачні форми, такі як сульфат амонію, дещо повільно здатні до нітрифікації, а нагромадження нітратів у ґрунті має розтяжний характер. Тому при внесенні перед сівбою або в підживлення, вони не нагромаджуються в стеблах, листях і плодах так швидко, як при внесенні аміачної селітри.

Важливе значення мають і строки внесення азотних добрив. Найкраще

вносити їх безпосередньо перед сівбою або в раннє підживлення. При цьому менше утворюється нітратів за рахунок нітрифікації і мобілізації азоту ґрунту.

Одним із засобів, який сповільнює процеси, що призводять до втрати азоту добрив у ґрунті є інгібітори нітрифікації – хімічні препарати, які вибірково пригнічують життєдіяльність нітрифікуючи мікроорганізмів, що здійснюють перший етап нітрифікації – окислення амонію до нітратів. Консервація азоту цих добрив в амонійній формі рівномірно розподіляє його продовж періоду вегетації, що суттєво зменшує концентрацію нітратів в овочевих рослинах, особливо для зеленних овочів та редиски, мінімізує вимивання азоту та забруднення ґрунтових вод, а в атмосфері – його окисами.

Способи внесення азотних добрив мають також велике значення. Локальне застосування азотних добрив під овочеві культури сприяє зменшенню вмісту нітратів. Використовуючи такий агроприйом порівняно із розкидним способом внесення можна зменшити норми добрив 25-32%, попри те на місці їх локального внесення утворюється осередковане підвищення концентрації амонію, який сповільнює процес нітрифікації на 3-5 тижнів. Так, при локальному внесенні азотних добрив кількість нітратів у зеленних овочах та редисці знижується на 9-58%.

Науково-обґрунтоване співвідношення сумісного застосування мінеральних та органічних добрив позитивно впливає на засвоєння рослинами азоту, а відтак синтезу білків, і як наслідок мінімальної кількості вільних нітрат-іонів в овочевій продукції.

Для використання надлишкових запасів азоту на ґрунтах з доброю азотомінералізуючою здатністю також слід застосовувати *проміжні посіви*. При широкому запровадженні проміжних посівів збільшується коефіцієнт використання землі – кількість врожаїв (2-3 рази), які отримують з 1 га сівозмін.

Використання сівозмін також впливає на накопичення нітратів. Так, наприклад, в умовах овочево-кормової сівозміни з однорічними травами в капусті білоголовій і моркві накопичується значно менше нітратів, аніж при монокультурі цих видів рослин.

Слід також врахувати попередник, який може залишити по собі багато органічних решток (капуста, люцерна, бобові), що є передумовою додаткового

надходження нітратного азоту вже у майбутній врожай. Так, після капусти не бажано садити зеленні овочеві рослини, а краще злакові, технічні (картопля), а з овочевих цибулю, коренеплоди, гарбузові та ін.

Вапнування кислих ґрунтів у помірних дозах сприяє зменшенню втрат азоту і закріплення його в органічній формі. У провапнованому ґрунті процеси мобілізації органічного азоту переважають над іммобілізацією. Внесення вапнякових меліорантів посилює використання нітратного азоту рослинами при синтезі білку, завдяки чому вміст нітратів в овочах знижується.

Для мінімізації нагромадження нітратів у рослинах потрібно на практиці впроваджувати сорти і гібриди з низькою здатністю до нагромадження нітратів, особливо під час вирощування овочів з коротким періодом вегетації.

Важливі агротехнічні умови зниження нітратів: внесення «витриманих, зрілих» органічних добрив таких як перегній, компост, оптимальні площі живлення (відповідно до біологічних особливостей густоти стояння рослин).

З метою зменшення нагромадження нітратного азоту в овочевій продукції широко використовують добрива пролонгованої дії *Біогумус*. Також ефективним є добрива нового покоління, які виготовлені методом біоферментації, такі як Біоактив, Біопроферм та ін.

Пропонується також використовувати теплиці у вигляд напівкруглих конструкцій, які розташовують до півдня направляють потік сонячного проміння на овочі з наступною віддачею тепла (рис. 3.2.).

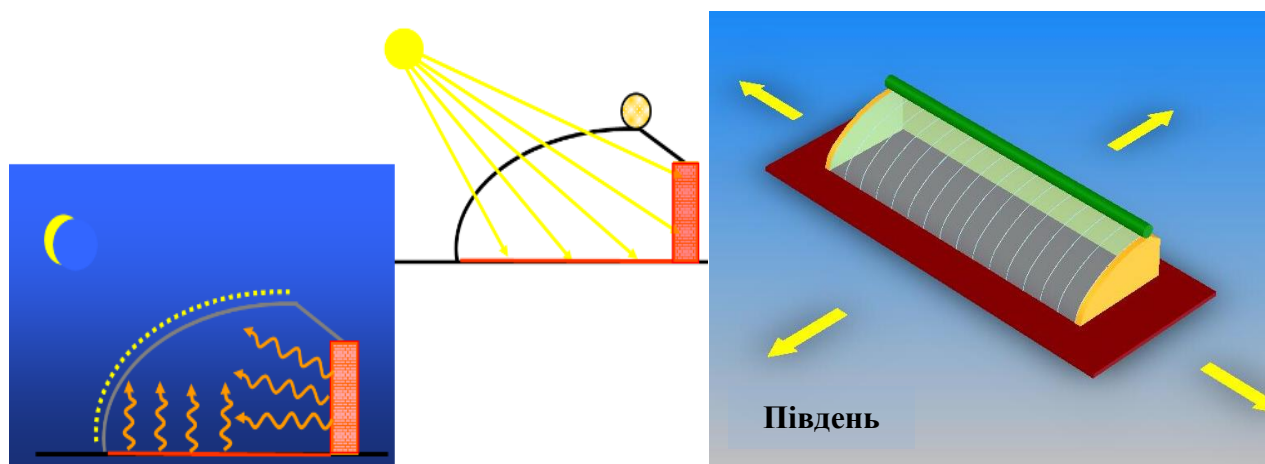


Рис. 3.2. Схема напівкруглих теплиць з оптимальною віддачею світла та тепла

В таких теплицях урожайність овочевих рослин зростає порівняно із звичайними конструкціями 15-35%. Крім цього вирощений врожай характеризується мінімальними рівнями нітратів, порівняно з іншими конструкціями теплиць.

Для меншення вмісту нітратів в овочевій продукції велике значення мають оптимальний час доби та строки збирання врожаю. Так, збір листяних овочів слід проводити у фазі оптимального періоду формування зелені – до початку утворення квітів, в гарну сонячну погоду, але не вдень, а у вечері (після 17:00), оскільки в цей час вони містять на 30-40% нітратів менше.

Моркву пізніх посівів, що призначена для дитячого харчування краще збирати у вересні. Запізнення із збором врожаю у жовтні, або ж із поспішним його збором у серпні, збільшує ризик збільшеного вмісту у ній нітратів. Орієнтуватися тут потрібно на технічну стиглість.

Розділ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Вимоги охорони праці під час роботи в хімічній лабораторії

Будь-яке суспільство заслуговує на увагу лише тоді, коли воно гарантує своїм громадянам найнеобхідніші права і свободи. Одним із пріоритетних є право на працю та на охорону праці. В Україні згідно статті 4 Закону України “Про охорону праці” одним із найважливіших державних принципів є задекларований обов'язок власника створювати безпечні та нешкідливі умови праці на його підприємстві [7].

У межах даної кваліфікаційної роботи здійснено екологічну оцінку рівня забруднення овочевої продукції Львівської області нітратами на основі результатів лабораторних досліджень. У процесі проведення лабораторних аналізів можливе виникнення низки небезпечних і шкідливих виробничих факторів, зокрема: вплив токсичних речовин, несприятливі мікрокліматичні умови, підвищений рівень шумового навантаження, висока напруга в електромережі, інтенсивне електромагнітне випромінювання, недостатня освітленість тощо. Сукупність зазначених чинників здатна справляти негативний вплив на фізичне та психоемоційне здоров'я персоналу лабораторії.

Лабораторія являє собою приміщення призначене для роботи двох працівників і має параметрами: ширина 3 м, довжина – 4 м, площа – 12 м². Висота приміщення становить 3,2 м. Обсяг повітря на одного працюючого подається в розмірі 30 м³/год. Вимоги щодо розмірів будівель та приміщень регулюються ДБН В.2.2-28:2010 «Будинки адміністративного та побутового призначення» [29].

Відповідно до цих стандартів, площа приміщення на одного працюючого повинна складати 6 м², а обсяг повітря повинен становити 30 м³/год. Порівнюючи нормативні дані з фактичними, дана лабораторія повністю відповідає нормативам і є придатною для роботи двох працівників.

В даній лабораторії розташовано два робочих місця. На одному з них розміщений персональний комп'ютер, до якого підключений атомно-

абсорбційний спектрофотометр, в нього вбудований інтерфейс який забезпечує роботу приладу, збір і зберігання вимірюної інформації. Лабораторія обладнана витяжною системою.

Для освітлення приміщення використовуються 2 світильники, в кожному з яких міститься по дві люмінесцентні лампи. Все обладнання яке розташоване в лабораторії підключено до джерела живлення напругою 220 В.

Гранично допустимий вміст шкідливих речовин в повітрі робочої зони нормується ДСТУ EN 482:2022 — українська адаптація європейського стандарту EN 482:2021. Набрав чинність з 31 грудня 2023 року й визначає загальні вимоги до методик вимірювання концентрацій хімічних речовин у повітрі робочої зони [33].

Джерелами забруднення повітря в даній лабораторії може бути: повітря, яке видихає людина; патогенні мікроорганізми, які виділяються з кашлем та чханням; шкідливі хімічні речовини, які виділяються при проведенні аналізу розчинів; водяні випари; миючі та дезінфікуючі засоби, які використовуються для прибирання приміщення.

Згідно з Державними санітарними нормами допустимих рівнів шуму в приміщеннях житлових та громадських будинків і на території житлової забудови допустимий рівень звуку для лабораторних приміщень повинен становити 50 дБ [7].

Фактичний рівень шуму в лабораторії становить 55 дБ. Джерелами перевищеного рівня шуму в лабораторії є витяжна шафа, спектрофотометр, мішалка, комп'ютерне обладнання, а також гудіння світильників.

Електромагнітне випромінювання нормується ДНАОП 0.03-3.30-96 «Державні стандартні норми і правила захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань».

В лабораторному приміщенні ураження електричним струмом можливі внаслідок дотику до відкритих струмоведучих частин, до струмопровідних неструмоведучих елементів обладнання, що опинилися під напругою в результаті порушення ізоляції, дотиком до обладнання, яке знаходиться в аварійному режимі, тощо. Електробезпека нормується ДСТУ Б.В.2.5-82:2016

«Електробезпека в будівлях та спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом»

4.2. Планування заходів з безпечних умов праці

Розробка заходів з покращення мікроклімату приміщення. В холодний період спостерігається зниження температури до 17°C, що є нижчим за оптимальне та допустиме значення.

Тривале перебування людини в умовах знижених температур може призвести до переохолодження тіла. Таке переохолодження впливає на роботу капілярів в організмі, а також до зниження кровообігу. Місцеве переохолодження призводить до пневмонії, бронхіту, запалення верхніх дихальних шляхів та інших захворювань [30]. Для того, щоб покращити показники температури повітря в холодний період, потрібно встановити в приміщенні додаткове опалення. Наприклад можна встановити масляний радіатор. Це дозволить підігрівати приміщення коли в ньому працюють люди.

Також в холодний період значення фактичної вологості повітря – 36% не відповідає нормативним значенням. Недостатня вологість повітря може призвести до випаровування вологи із слизових оболонок дихальних шляхів, пересушення шкіри людини.

Для того щоб збільшити вологість повітря у зимовий період потрібно використовувати зволожувачі повітря. Для цього можна використати ультразвуковий зволожувач. Принцип роботи: високочастотні коливання збивають воду в мікро-краплі. Вентилятор засмоктує повітря з кімнати в цей туман, а потім розсіює отримане хмара по кімнаті. Це найтихіший і найбезпечніший тип зволожувача.

Розробка заходів з покращення освітленості приміщення. Нормативне значення освітленості для даного типу приміщень становить $E=400$ Лк. В лабораторії освітленні забезпечують два світильника по дві люмінесцентні лампи ЛБ 13-1 G5d в кожному. Фактична величина освітленості лабораторії становить $E=270$ Лк. Отже освітленість даного приміщення не відповідає

нормативним значенням [7].

Освітлення є досить важливим для роботи в лабораторії. Воно повинно бути таким, щоб працівник міг без напруги зору виконувати лабораторні дослідження.

Для покращення освітленості в приміщенні можна замінити дані світильники з люмінесцентними лампами на світлодіодні світильники INOX LED50 світловий потік яких складає 5100Лм. Розрахунок рівня штучного освітлення для даного приміщення показав, що для покращення освітлення потрібно буде всього 3 світильника даного типу.

Розробка заходів з покращення вентилявання приміщення. Для покращення системи вентилявання у хімічній лабораторії першочергово необхідно здійснити оцінку наявного стану вентиляційного обладнання. Зокрема, слід провести аудит існуючої приточно-витяжної системи, перевірити ефективність загальнообмінної та місцевої витяжки, а також виявити зони з недостатнім повітрообміном. Важливим етапом є вимірювання концентрацій шкідливих речовин у повітрі, зокрема летких органічних сполук, аміаку, кислотних парів тощо, з подальшим порівнянням отриманих даних із гранично допустимими концентраціями (ГДК).

Наступним кроком є модернізація або повна реконструкція вентиляційної системи. У лабораторії має бути забезпечений достатній повітрообмін — щонайменше 6–10-кратний обмін повітря на годину. Приточне повітря повинне проходити фільтрацію (наприклад, через НЕРА-фільтри або фільтри з активованим вугіллям), аби уникнути надходження пилу та зовнішніх забруднень. Крім загальної вентиляції, обов'язковою є наявність витяжних шаф для роботи з хімічними реагентами. У місцях, де генеруються пари чи газу, доцільно встановити локальні витяжні зонти або гнучкі витяжні рукави [29].

Для підвищення ефективності вентиляції рекомендується впровадити автоматизовану систему контролю параметрів мікроклімату. Це передбачає встановлення датчиків температури, вологості, вмісту вуглекислого газу та летких органічних сполук, які дозволяють оперативно реагувати на зміни повітряного середовища. Автоматичне регулювання роботи вентиляційних

агрегатів залежно від рівня забруднення значно підвищує енергоефективність і безпеку. Також важливо передбачити візуальні або звукові індикатори, що сигналізують про зниження тяги у витяжних шафах.

Усі заходи з модернізації вентиляції мають відповідати чинним нормативним документам, зокрема ДБН В.2.5-67:2013 та європейському стандарту ДСТУ EN 14175, який регламентує вимоги до лабораторних витяжних шаф. Необхідно забезпечити правильний розрахунок кратності повітрообміну з урахуванням площі приміщення, кількості працівників та виду проведених робіт. Регламентом слід передбачити регулярне технічне обслуговування систем: очищення повітроводів, перевірку працездатності вентиляторів та своєчасну заміну фільтрувальних елементів.

Варто також реалізувати організаційно-технічні заходи. Доцільно поділити лабораторію на функціональні зони (наприклад, "чисту" та "брудну"), мінімізувати використання відкритих ємностей з леткими речовинами, а також забезпечити відповідне навчання персоналу. У разі застосування рециркуляційних систем повітря їх використання повинно бути дозволене лише після очищення повітря до безпечного рівня. Для зон, де працюють з токсичними або канцерогенними речовинами, рециркуляція не допускається [7].

Завершальним етапом є системне документування та постійний моніторинг ефективності вентиляційної системи. Потрібно розробити інструкції з експлуатації вентиляційного обладнання, вести журнали перевірок та технічного обслуговування, а також регулярно проводити інструктажі з безпеки праці. Результати таких заходів варто аналізувати щорічно для виявлення слабких місць у системі вентиляції та своєчасного їх усунення.

ВИСНОВКИ

1. У кваліфікаційній роботі комплексно розглянуто основні екзо- та ендогенні чинники, що зумовлюють нагромадження нітратів в овочевих культурах, вирощуваних у природно-кліматичних умовах Львівської області. Окрему увагу приділено фізіолого-біохімічним процесам трансформації нітратів і нітритів у рослинному організмі, а також факторам, які сприяють або гальмують їх метаболізм у тканинах рослин.

2. Охарактеризовано механізми засвоєння, відновлення та накопичення нітратів у клітинах рослин, з урахуванням активності ферментних систем (нітратредуктази) та впливу зовнішніх стресових чинників. У роботі розглянуто потенційні ризики для здоров'я населення, пов'язані зі споживанням продукції з підвищеним вмістом нітратів, зокрема можливість утворення нітритів і нітрозамінів у травному тракті людини, які можуть чинити канцерогенну та токсичну дію. Наведено чинні нормативи гранично допустимого вмісту нітратів (ГДК) для основних овочевих культур, затверджені відповідними санітарними регламентами та технічними документами України.

3. Проведено моніторинг рівня нітратного забруднення свіжої овочевої продукції, яка реалізується на агропродовольчих ринках міста Львова – «Шувар», «Привокзальний» та «Краківський, з метою виявлення випадків перевищення гранично допустимих концентрацій (ГДК) та оцінки потенційного ризику для споживачів. Встановлено, що у 34 % зразків овочевої продукції зафіксовано перевищення гранично допустимих концентрацій нітратів, що може свідчити про порушення агротехнологічних вимог або надмірне азотне живлення. Найвищі рівні нітратів виявлено у зразках капусти білоголової, столового буряка та редиски. Особливо значні перевищення у 1,8–2,3 рази ГДК було виявлено серед листових овочів: цибуля зелена, кріп, петрушка та салат листковий.

4. Здійснено комплексну екологічну оцінку рівня нітратного забруднення овочевої продукції, вирощеної в приватних селянських господарствах Львівської області, з урахуванням адміністративного поділу регіону та просторової варіації

за природно-кліматичними зонами. Встановлено, що найчастіше перевищення ГДК нітратів (4,5–42,0%) у відібраних зразках овочевої продукції у всіх досліджуваних районах Львівщини виявили у капусті білоголовій, буряку столовому, редисці, зеленій цибулі та салату листковому. Також з'ясовано, що найбільша кількість зразків, в яких виявлено перевищення ГДК нітратів в овочах відзначали у Стрийському, Дрогобицькому та Самбірському районах. Така закономірність стосовно підвищеного рівня нітратів в овочевих рослинах у цих районах на нашу думку пов'язана із більшою кількістю опадів в період вегетації.

5. Аналіз сезонної динаміки вмісту нітратів у рослинній продукції свідчить про виражену тенденцію до підвищеного накопичення нітратів у весняний період порівняно з осіннім. Зокрема, у зразках одних і тих самих овочевих культур, відібраних у різні сезони, фіксується істотно вищий рівень вмісту нітратів навесні. Так, найбільше зростання нітратного азоту у весняний сезон відзначали у листковому салаті – на 72%, у кропі – на 65%, а також у редисці – на 45%. Також підвищення відзначено в зеленій цибулі – на 35%. Це свідчить про високу чутливість цих овочів до менш сприятливих умов інтенсивності освітлення, що також пов'язано з низькою активністю фермента нітратредуктази. Натомість у таких культурах, як картопля, капуста білоголова, морква та цибуля ріпчаста, сезонні коливання нітратів є незначними (8–15%), що пов'язано з біологічними особливостями цих культур.

6. Розроблено комплекс агроекологічних заходів, спрямованих на мінімізацію нітратного забруднення ґрунтового покриву, водних об'єктів та овочевих культур, шляхом оптимізації технологій удобрення, поливу, вибору сортів і строків збирання врожаю та конструкцій для закритого ґрунту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Дидів І. В., Дидів О. Й., Дидів А. І. Нітрати в овочах. *Плантатор*. Київ: «АГП Медіа», 2017. №5 (35). С. 16-19.
2. Дидів І. В., Дидів О. Й., Дидів А. І. Нітрати в овочах: міфи і реальність. *Овощеводство*. Київ: 2015. №6. С. 58-61.
3. Андрейчук Ю., Безручко Л., Біланюк В. та ін. Геоекологія Львівської області: монографія / за заг. ред. Є. Іванова. Львів: Простір-М, 2021. 606 с.
4. Зацеркляний М, Зацеркляний О, Столевич Т. Процеси захисту навколишнього середовища: підручник. Київ: Фенікс, 2017. 454 с.
5. Волошин Н. О. Загальна екологія та неоколонія: навч. посіб. Київ: НПУ ім. М.П. Драгоманова, 2015. 335 с.
6. Агрохімічний аналіз / за заг. ред. М. М. Городнього. Київ: Арістей, 2004. 249 с.
7. Катренко Л. А., Кіт Ю. В., Пістун І. П. Охорона праці. Курс лекцій. Практикум: навч. посіб. Суми: Університетська книга, 2009. 540 с.
8. Рідей Н. М., Строкаль В. П., Рибалко Ю. В. Екологічна оцінка агробіоценозів: теорія, методика, практика: навч. посіб. Херсон: Олді Плюс. 2011. 560 с.
9. Антонець С. С., Антонець А. С., Писаренко В. М. та ін. Органічне землеробство: з досвіду ПП Агроєкологія Шишацького району Полтавської області. Полтава: РВВ ПДАА, 2010. 200 с.
10. Городній М. М., Мельничук С. Д., Гончар О. М. та ін. Прикладна біохімія та управління якістю продукції рослинництва: підручник / За ред. М.М. Городнього. Київ: Арістей, 2006. 484 с.
11. Фесенко А. М., Солошенко О. В., Гаврилович Н. Ю. та ін. Агроєкологія: навч. посібник. Харків, 2013. 291 с.
12. Лагутенко О. Т. Агроєкологія. Київ: НПУ імені М.Н.Драгоманова, 2012. 358 с.
13. Головне управління Держпродспоживслужби в Дніпропетровській області. Ранні овочі та ягоди: користь чи небезпека при вживанні. URL:

https://dp.dpss.gov.ua/news/ranni-ovochi-ta-iahody-koryst-chy-nebezpeka-pry-vzhyvanni?utm_source=chatgpt.com

14. Щорічна доповідь про стан навколишнього природного середовища у Львівській області в 2022 році. Львів, Департамент екології та природних ресурсів Львівської ОДА. 2023. 296 с.

15. Панасенко Т.В., Красноручька К.І. Вміст нітрат-іонів в продуктах харчування рослинного походження. *Актуальні питання біології, екології та хімії. Розділ хімія*. 2016. Том 12, № 2. С. 103-112.

16. Дегодюк Е. Г. Вирощування екологічно чистої продукції рослинництва. Київ: Урожай, 2007. 317 с.

17. Болотських О. С. Енциклопедія овочівника. Харків: Фоліо, 2005. 799 с.

18. Циганенко О. І. Нітрати в харчових продуктах. Київ: Здоров'я, 2005. С. 141–148.

19. Писаренко В. М., Писаренко П. В., Писаренко В. В. Агроєкологія: Навчальний посібник. Полтава, 2008. 256 с.

20. Екологічний атлас Львівщини / за заг. ред. Б. М. Матолича. Львів, Державне управління охорони навколишнього природного середовища в Львівській області 2007. 69 с.

21. Гіль Л. С., Пашковський А. І., Суліма Л. Т. Сучасні технології овочівництва закритого і відкритого ґрунту. Вінниця : Нова книга, 2008. Ч. 1. С. 25-26.

22. Шевчик Р. С., Герасімова А. М. Вміст нітратів у продукції рослинного походження. *Науково-технічний бюлетень Науково-дослідного центру біобезпеки та екологічного контролю ресурсів АПК*. 2017. (5). № 1). С. 85-88.

23. Львівська область: природні умови та ресурси: монографія / за заг. ред. д-ра геогр. наук, проф. М. М. Назарука. Львів: Видавництво Старого Лева, 2018. 592 с.

24. Господаренко Г. М. Агрохімія: підручник, Київ: ТОВ «СІК ГРУП УКРАЇНА», 2018. 560 с.

25. Мудрий І. В., Лепьошкін І. В. Деякі аспекти і проблеми вирощування якісної рослинницької продукції при застосуванні мінеральних добрив та методичні підходи щодо токсиколого-гігієнічної їх оцінки. Проблеми харчування. Київ: 2005.

№4. С. 44-47.

26. Скалецька Л. Ф., Подпряттов Г. І., Завадська О. В. Методи досліджень рослинницької сировини. Лабораторний практиком: навч. посіб. Київ: «Центр інформаційних технологій», 2009. 242 с.

27. Іщейкіна Ю. О., Буря Л. В. Гігієна та екологія: навч. посіб. Київ: АСМІ, 2018. 305 с.

28. Скалецька Л. Ф., Подпряттов Г. І., Завадська О. В. Біохімія плодів та овочів. (посібник для вищих навчальних закладів). Київ: НАУ, 1999. 159 с.

29. Пістун І. П. Охорона праці (практикум): навч. посіб. Львів: «Тріада плюс», 2011. 436 с.

30. Атаманчук П.С., Мендерецький В.В., Панчук О.П., Чорна О.Г. Безпека життєдіяльності та охорона праці (Практичний курс): навч. посіб. Кам'янець-Подільський: "Думка", 2010. 152 с.

31. Колтунов В.А. Управління якістю овочевих рослин. Київ: 2007. 174 с.

32. ДСТУ 4948:2008 Фрукти, овочі та продукти їх перероблення. Методи визначення вмісту нітратів. З поправкою. Затверджено: наказ Держстандарт від 26.03.2008 № 101. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=83097

33. ДСТУ EN 482:2022 Повітря робочої зони. Загальні вимоги до характеристик методик вимірювання вмісту хімічних речовин (EN 482:2021, IDT). Затверджено: наказ Держстандарт від від 28.12.2022 № 285. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=112734

34. Воронов С.А., Стецишин Ю.Б., Панченко Ю.В., Когут А.М. Токсикологія продуктів харчування: Підручник. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2014. 556 с.

35. Димань Т.М., Мазур Т.Г. Безпека продовольчої сировини і харчових продуктів. Київ: Академія, 2011. 520 с.

36. Патика В. П., Макаренко Н.А., Моклячук Л.І. Агроекологічна оцінка мінеральних добрив та пестицидів: монографія. Київ: Основа, 2005. 300 с.

37. Сімахіна Г.О., Науменко Н.В. Технологія оздоровчих харчових продуктів : підручник. Київ : НУХТ, 2015. 402 с.

38. Механізм впливу нітратів на організм людини. URL: <http://www.consumer-cv.gov.ua/mehanizm-vplyvu-nitrytiv-na-organizm-lyudyny/>

39. Міністерство охорони здоров'я України. Про затвердження Державних гігієнічних правил і норм «Регламент максимальних рівнів окремих забруднюючих речовин у харчових продуктах» : наказ МОЗ України від 13 трав. 2013 р. № 368. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/z0774-13?utm_source=chatgpt.com#Text

40. Ebert AW. The Role of Vegetable Genetic Resources in Nutrition Security and Vegetable Breeding. *Plants (Basel)*. 2020. 9(6). P.736. URL: <https://doi.org/10.3390/plants9060736>

41. Luetic, S., Knezovic, Z., Jurcic, K., Perasovic, M. L., & Sutlovic, D. Nitrates and Nitrites in Leafy Vegetables: The Influence of Culinary Processing on Concentration Levels and Possible Impact on Health. *International Journal of Molecular Sciences*. 2025. 26(7), P. 3018. URL: <https://doi.org/10.3390/ijms26073018>

42. Wu, S., Liu, Y., Cui, X., Zhang, Q., Wang, Y., Cao, L., Luo, X., Xiong, J., & Ruan, R. (2021). Assessment of Potential Nitrite Safety Risk of Leafy Vegetables after Domestic Cooking. *Foods*. 2021. 10(12), P. 2953. URL: <https://doi.org/10.3390/foods10122953>

43. Kukhtyn M, Horiuk Y, Yaroshenko T, Laiter-Moskaliuk S, Levytska V, Reshetnyk A. Monitoring the content of nitrates in vegetables and the influence of the pickling technology on the denitrification process. *Ukrainian Journal of Food Science*. 2021. 9(1), P. 45–52. URL: <https://surl.li/nqmjks>