

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ  
ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ВАСИЛЯ СТУСА

АНТОШКО ІРИНА ОЛЕКСАНДРІВНА

Допускається до захисту:

в. о. завідувача кафедри  
ботаніки та екології  
кандидат біол. наук, доцент

\_\_\_\_\_ О.В. Машталер

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ВИЗНАЧЕННЯ ГРАНИЧНО ДОПУСТИМИХ КОНЦЕНТРАЦІЙ  
ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТУ ФТОРИДАМИ ДЛЯ ДЕЯКИХ ВИДІВ  
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ РОСЛИН**

Спеціальність 091 Біологія

Кваліфікаційна ( магістерська ) робота

Керівник:

Приседський Ю.Г.

доктор біологічних наук, професор  
кафедри ботаніки та екології, доцент

(підпис)

Оцінка: \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

(бали за шкалою

ЄКТС/ за національною шкалою)

Голова ЕК: \_\_\_\_\_

## АНОТАЦІЯ

**Антошко І.О.** Визначення гранично допустимих концентрацій забруднення ґрунту фторидами для деяких видів сільськогосподарських рослин. Спеціальність 091 «Біологія», освітня програма «Біологія». Донецький національний університет імені Василя Стуса, Вінниця, 2022.

У кваліфікаційній роботі досліджено вплив забруднення малогумусного чорнозему фтором на ростові показники та вміст хлорофілів деяких сільськогосподарських рослин. Встановлено гранично допустимі концентрації фтору для пшениці м'якої, жита посівного та ячменю посівного.

Ключові слова: фтор, виживаність, концентрація, хлорофіл, ґрунт.

48 с., 14 табл., 3 рис., 29 джерел

Antoshko I.O. Determination of maximum allowable concentrations of fluoride soil contamination for some species of agricultural plants. Specialty 091 "Biology", Programme "Biology". Vasyl Stus Donetsk National University, Vinnytsia, 2022.

This paper analyzes the effect of soil fluorine contamination on survival, chlorophyll content, and growth parameters of some types of agricultural plants. Research was conducted on low-humus chernozem. In the course of research, it was found that fluorine has a negative effect on all the studied parameters.

Keywords: fluorine, survival, concentration, chlorophyll, soil.

48 pp., tabl 14, 3 figures, 29 sources

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.....	6
1.1 Фтор, його властивості.....	6
1.2 Історія відкриття фтору.....	7
1.3 Промислове застосування фтору.....	9
1.4 Поширення фтору в породах земної кори та ґрунтах.....	10
1.5 Біологічна роль та гігієнічне значення фтору для організму людини.....	13
1.6 Згубна дія фтору на рослини.....	15
1.7 Встановлення ГДК забруднюючих речовин для ґрунтів .....	16
РОЗДІЛ 2 МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ОПИС ДОСЛІДЖУВАНИХ ВИДІВ РОСЛИН.....	19
2.1 Методи досліджень.....	19
2.2 Опис і практичне значення пшениці м'якої.....	22
2.3 Опис і практичне значення жита посівного.....	25
2.4 Опис і практичне значення ячменю посівного.....	28
РОЗДІЛ 3 ВПЛИВ ЗАБРУДНЕНОСТІ ҐРУНТУ ФТОРОМ НА РОСТОВІ ПОКАЗНИКИ ДЕЯКИХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ РОСЛИН.....	32
ВИСНОВОК.....	44
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	45

## ВСТУП

*Актуальність.* На сьогодні фтор вважають найбільш небезпечним і фітотоксичним мікрополлютантом серед інших забруднювачів ґрунтів, повітря, води, продуктів харчування.

Токсичність сполук фтору визначається як екологічними так і біологічними чинниками та фізико-хімічними властивостями самого мікроелемента [1]. Єдиної думки щодо впливу сполук фтору на ріст і розвиток рослин не існує. Окремі дослідники вважають, що фтор є необхідним елементом для рослин, але потреба в ньому дуже низька і визначається, перш за все, видом рослин [2]. За думкою інших [3], фтор не є елементом, необхідним для розвитку рослин. Оскільки сполуки фтору не приймають участі в обміні речовин більшості рослин, то в рослинній клітині не відбувається їх детоксикація, тому і при невеликих концентраціях сполуки фтору можуть мати значну токсичну дію на рослини [4]. Для досліджень було обрано найпоширеніші аграрні культури, а саме пшеницю м'яку, жито посівне та ячмінь посівний, які мають велике практичне значення для людей як харчовий продукт, тому буде доцільним встановити вплив забрудненості фтором та ГДК фтору.

*Метою роботи* було встановити вплив забруднення фторидами ґрунту на ростові параметри та вміст хлорофілів деяких сільськогосподарських рослин.

*Завдання даного дослідження:*

- 1) Дослідити вплив забрудненості ґрунту фторидами на виживаність деяких видів сільськогосподарських рослин.
- 2) Встановити зміну ростових параметрів у деяких сільськогосподарських рослин на ґрунті з різною забрудненістю фторидами;

- 3) Встановити вплив забрудненості ґрунту фторидами на вміст хлорофілу деяких сільськогосподарських рослин;
- 4) Встановити ГДК фтору для кожного досліджуваного виду сільськогосподарських рослин.

*Об'єкт дослідження:* зміна росут та вмісту хлорофілів пшениці м'якої (*Triticum aestivum L.*), жита посівного (*Secale cereale L.*) та ячменю посівного (*Hordeum vulgare L.*) за умов забруднення ґрунту фтором.

*Предмет дослідження:* ростові параметри та вміст хлорофілу пшениці м'якої (*Triticum aestivum L.*), жита посівного (*Secale cereale L.*) та ячменю посівного (*Hordeum vulgare L.*) за умов забруднення ґрунту фтором.

*Новизна:* вперше було встановлено вплив фторидного забруднення на чорноземному ґрунті на ростові параметри та вміст хлорофілів для пшениці м'якої (*Triticum aestivum L.*), жита посівного (*Secale cereale L.*) та ячменю посівного (*Hordeum vulgare L.*).

*Теоретичне і практичне значення отриманих результатів:* Пшеницю м'яку (*Triticum aestivum L.*), жито посівне (*Secale cereale L.*) та ячмінь посівний (*Hordeum vulgare L.*) широко застосовують у сільському господарстві, тому доцільно встановити ГДК забрудненості фтором ґрунту, щоб мінімізувати згубний вплив.

## РОЗДІЛ 1.

### ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

#### 1.1 Фтор, його властивості

Фтор - хімічний елемент (символ F, атомний номер 9), неметал, який відноситься до групи галогенів. Це найактивніша і найбільш електронегативна речовина. Як і інші галоїди, молекулярний фтор дуже небезпечний і при контакті зі шкірою викликає важкі хімічні опіки.

У періодичній таблиці елемент знаходиться у верхній частині 17 групи (колишня група 7A), яку називають галогенною. До інших галогенів належать хлор, бром, йод і астат. Крім того, F знаходиться в другому періоді між киснем і неоном.

Чистий фтор - це корозійний газ (хімічна формула  $F_2$ ) з характерним різким запахом, який виявляється в концентрації 20 нл на літр обсягу. Як найбільш реактивний і електронегативний з усіх елементів, він легко утворює з'єднання з більшістю з них. Фтор занадто реактивний, щоб існувати в елементарній формі і має таке споріднення з більшістю матеріалів, включаючи кремній, що його не можна готувати або зберігати в скляних ємностях. У вологому повітрі він реагує з водою, утворюючи не менш небезпечну плавикову кислоту.

Фтор, взаємодіючи з воднем, вибухає навіть при низькій температурі і в темряві. Він бурхливо реагує з водою, утворюючи плавикову кислоту і газоподібний кисень. Різні матеріали, в тому числі дрібнодисперсні метали і скло, в струмені газоподібного фтора горять яскравим полум'ям. Крім того, даний хімічний елемент утворює сполуки з благородними газами криптоном, ксеноном і радоном. Однак безпосередньо з азотом і киснем він не реагує [5].

Незважаючи на крайню активність фтора, сьогодні стали доступні методи його безпечної обробки і транспортування. Елемент може зберігатися в ємностях зі сталі або монеля (багатого нікелем сплаву), оскільки на поверхні цих матеріалів утворюються фториди, які перешкоджають подальшій реакції.

Фториди - це речовини, в яких фтор присутній у вигляді негативно зарядженого іона (F-) в поєднанні з деякими позитивно зарядженими елементами. З'єднання фтора з металами є одними з найбільш стабільних солей. При розчиненні у воді вони діляться на іони. Іншими формами фтору є комплекси, наприклад,  $[\text{FeF}_4]^-$ , і  $\text{H}_2\text{F}^+$ .

Існує безліч ізотопів даного галогена, починаючи від  $^{14}\text{F}$  і закінчуючи  $^{31}\text{F}$ . Але ізотопний склад фтора включає тільки один з них,  $^{19}\text{F}$ , який містить 10 нейтронів, так як тільки він є стабільним. Радіоактивний ізотоп  $^{18}\text{F}$  - цінне джерело позитронів.

Базові характеристики хімічного елемента такі:

- Атомна маса 18,9984032 г/моль.
- Ступінь окислення - 1.
- Щільність 1,7 р/л.
- Температура плавлення 53,53 К.
- Температура кипіння 85,03 К.
- Тепломісткість 31,34 Дж/(К· моль).

## 1.2 Історія відкриття фтору

Мінерали, що містять сполуки фтору, були відомі за багато років до виділення цього хімічного елемента. Наприклад, мінерал плавиковий шпат

(або флюорит), що складається з фториду кальцію, був описаний в 1530 р. Георгієм Агріколою. Він зауважив, що його можна використовувати як флюс - речовину, яка допомагає знизити температуру плавлення металу або руди і допомагає очистити потрібний метал. Тому фтор назву свою латинську назву отримав від слова *fluere* («текти»).

У 1670 році складув Генріх Шванхард виявив, що скло труїться під дією фтористого кальцію (плавикового шпата), обробленого кислотою. Карл Шееле і багато пізніших дослідників, у тому числі Гемфрі Деві, Жозеф-Луї Гей-Люссак, Антуан Лавуазьє, Луї Тенар, експериментували з плавиковою кислотою (HF), яку було нескладно отримати шляхом обробки CaF концентрованої сірчаної кислоти

Зрештою, стало зрозуміло, що HF містить раніше невідомий елемент. Ця речовина, однак, через її надмірну реактивність протягом багатьох років виділити не вдавалося. Його не тільки важко відокремити від з'єднань, але воно тут же вступає в реакцію з іншими їх компонентами. Виділення елементарного фтору з плавикової кислоти надзвичайно небезпечно, і ранні спроби засліпили і вбили кількох вчених. Ці люди стали відомі як «мученики фтору». Компонентами [6].

Нарешті, 1886 року французькому хіміку Анрі Муассану вдалося виділити фтор шляхом електролізу суміші розплавлених фторидів калію і плавикової кислоти. За це він був удостоєний Нобелівської премії 1906 року в галузі хімії. Його електролітичний підхід продовжує використовуватися сьогодні для промислового отримання даного хімічного елемента.

Перше масштабне виробництво фтору почалося під час Другої світової війни. Він був потрібен для одного з етапів створення атомної бомби в рамках Манхеттенського проекту. Фтор використовувався для отримання гексафториду урану (UF<sub>6</sub>), який, у свою чергу, застосовувався для



відокремлення один від одного двох ізотопів  $^{235}\text{U}$  і  $^{238}\text{U}$ . Сьогодні газоподібний  $\text{UF}_6$  необхідний для отримання збагаченого урану для ядерної енергетики.

### 1.3 Промислове застосування фтору

В атомарному і молекулярному стані фтор використовується для плазмового травлення у виробництві напівпровідників, плоских дисплеїв і мікроелектромеханічних систем. Плавикова кислота застосовується для травлення скла в лампах та інших виробках.

Поряд з деякими з його сполук, фтор - це важлива складова виробництва фармацевтичних препаратів, агрохімікатів, паливно-мастильних матеріалів і текстилю. Хімічний елемент необхідний для отримання галогенованих алканів (галони), які, в свою чергу, широко використовувалися в системах кондиціонування повітря та охолодження. Пізніше таке застосування хлорфторвуглеців було заборонено, оскільки вони сприяють руйнуванню озонового шару у верхніх шарах атмосфери.

Гексафторид сірки - надзвичайно інертний, нетоксичний газ, що відноситься до речовин, що викликають парниковий ефект. Без фтору неможливо виробництво пластмас з низьким коефіцієнтом тертя, таких як тефлон. Багато анестетиків (наприклад, севофлуран, десфлуран і ізофлуран) є похідними фторвуглеводнів. Гексафторалюмінат натрію (кріоліт) застосовують в електролізі алюмінію.

З'єднання фтору, в тому числі  $\text{NaF}$ , використовуються в зубних пастах для запобігання карієсу. Ці речовини додаються в системи муніципального водопостачання для фторування води, однак через вплив на здоров'я людини

ця практика вважається спірною. При більш високих концентраціях NaF використовуються в якості інсектициду, особливо для боротьби з тарганами.

У минулому фториди застосовувалися для зниження температури плавлення металів і руд і підвищення їх плинності. Фтор - це важливий компонент виробництва гексафториду урану, який застосовується для поділу його ізотопів.  $^{18}\text{F}$ , радіоактивний ізотоп з періодом напіврозпаду 110 хвилин, випромінює позитрони і часто використовується в медичній позитронно-емісійній томографії.

#### 1.4 Поширення фтору в породах земної кори та ґрунтах

На земній поверхні фтор є дуже поширеним елементом. За розповсюдженістю його варто поставити на 13 місце серед інших елементів. Земна кора містить в середньому коло 0,078% фтору. Його загальний вміст у літосфері, океанах та атмосфері сягає близько 0,03%. У вільному стані фтору у природі майже немає. У надзвичайно невеликих кількостях фтор у вільному стані було виявлено лише в певних різновидах плавикового шпату. Завдяки своїй великій реакційній здатності фтор існує у природі майже виключно у формі сполук з іншими елементами. Фтор концентрується головним чином на останніх етапах магматичного процесу, внаслідок чого вулканічні утворення збагачені фтором, який входить до складу мінералів, розчинів та газових струменів [7].

Типовою сполукою фтору у вивержених породах є фторапатит, що утворюється при кристалізації магматичного розплаву. Фторапатити є головним джерелом фтору у біосфері. Крім того, деяка кількість фтору

надходить до біосфери з термальними водами, вулканічними газами та, можливо, з космічним пилом.

Вивітрювання вивержених гірських порід призводить до руйнування раніш стійких мінералів, що містять фтор, та до утворення нових. При цьому найбільші зміни пов'язані з активною діяльністю організмів [8]. Фтор вивержених порід у процесі вивітрювання розчиняється у воді, з якою виноситься у моря та океани. Тут він у величезних кількостях відкладається разом з фосфором та кальцієм у скелетах морських тварин та з відмерлими масами їх занурюється на дно, де утворюються стійкі апатитові комплекси фосфоритів.

Можливий і інший шлях утворення цих сполук через процеси осадження фізикохімічного характеру. У глибоких частинах морських басейнів завдяки високій концентрації вуглекислоти у воді міститься багато фосфорного ангідриду. При переміщенні водних мас до берегів континентів зменшується парціальний тиск вуглекислоти і фторфосфати випадають з пересичених розчинів.

В результаті геологічних процесів, наприклад підняття дна, цілі ділянки моря знову стають сушею, далі запаси фтористих сполук знову розчиняються і виносяться підземними водами у моря і океани. Повітряними масами, що рухаються, фтор переноситься на великі відстані і опадами знову випадає на поверхню землі. Рослини, вбираючи з ґрунтовими водами фтор, разом з іншими солями асимілюють його. Тварини отримують фтор як з води, так і з їжею; частково вони виділяють його, а частково відкладають, головним чином у скелеті. Після смерті тварин та рослин фтор знову потрапляє у ґрунт та з підземними водами переміщується вглиб землі. Тут він частково відкладається в результаті обмінних реакцій. Фтор захоплюють головним чином фосфати, в

яких він заміщує гідроксильну групу, утворюючи фторапатити. Багато фтору з підземними водами виноситься в річки, моря та океани.

Виробнича діяльність людини все більше впливає на кругообіг фтору. Люди використовують в якості сировини фтор, що міститься в корінних осадових породах; тим самим вони ніби допомагають природним силам вивітрювання, залучаючи у кругообіг колосальні запаси фтору [9]. При використанні добрив (фосфати, суперфосфати) на земній поверхні протягом року розсіюються сотні тисяч тон фтору у легкокорозчинному вигляді. Значні кількості фтору з різноманітних виробництв потрапляють в атмосферу з димом та пилом чи у водоймища зі стічними водами. Так при переробці апатитів у суперфосфатні добрива до 50% фтору, що міститься в них, виділяється з газами; таким чином у відкрити атмосферу за рік викидають десятки тисяч тон фтору [10].

Газоподібний фтористий водень часто міститься у повітрі промислових підприємств та оточуючій їх атмосфері при виробництві фтористих солей, інсектофунгіцидів, фторорганічних сполук та фосфору, при отриманні авіаційного палива, при виробництві суперфосфатів та фторберилія, при електролізі розплавленого кріоліту з метою отримати алюміній, тощо. Забруднення повітря фтором може бути також пов'язане з використанням у різноманітних галузях народного господарства фтористих солей натрію, амонію, кальцію, барію, свинцю та міді.

У боротьбі з шкідниками сільського господарства застосовують фтористі солі – кременефториди. Певна кількість фтору потрапляє до атмосфери також у результаті згоряння кам'яного вугілля. Так, наприклад, англійське вугілля містить від 0 до 175 мг/кг фтору. В результаті цього у промисловому районі Лінкольншир трава містить до 2200 мг/ кг фтору. Деякі аналітики виявляли у кілограмі вугілля від 85 до 295 мг фтору [11]. Це цілком

зрозуміло, оскільки у здерев'яній частині рослин (тирса) виявляли 2 – 3,6 мг фтору на один кілограм сухої ваги, в подальшому ймовірно відбувалося збагачення кам'яновугільної породи фтором.

### 1.5 Біологічна роль та гігієнічне значення фтору для організму людини

В організмі людини фтор (разом з кальцієм та фосфором) виконує ряд надзвичайно важливих функцій: забезпечує міцність і твердість кісткової тканини, правильний ріст скелету, волосся та нігтів, формування дентину та зубної емалі, приймає участь у кровотворенні, сприяє засвоєнню заліза, виведенню з організму солей і радіонуклідів тощо.

Недостатнє надходження фтору до організму людини спричинює розвиток таких захворювань, як карієс зубів, остеомієліт щелепних кісток, різні захворювання травної системи через погіршення розжовування їжі та сповільнення її евакуації зі шлунка [12]. Карієс зубів – це ендемічне захворювання, яке вражає населення територій, у поверхневих шарах ґрунту яких природний вміст фтору низький, тому його концентрація у воді поверхневих водойм не перевищує 0,7 мг/л. За цих умов надходження фтору в організм з питною водою є недостатнім для формування фторапатитів, що зміцнюють кристалічні решітки гідрооксиapatитів, з яких майже на 97% сформована емаль зуба. Міцність емалі знижується. Вона стає проникною для молочної кислоти, що утворюється в ротовій порожнині з вуглеводів їжі. Це призводить до активізації процесу вимивання кальцію з емалі. Емаль стає ще більш проникною не тільки для молочної кислоти, але й для протеолітичних ферментів та мікроорганізмів ротової порожнини. Починається руйнування органічної частини емалі, а згодом і дентину, розвивається їх деструктивне ураження, що й отримало назву карієсу.

Крім корисної дії на організм людини, бувають випадки токсичного впливу фтору [13]. Найскладнішим проявом негативної дії фтору є флюороз. Флюороз – ендемічне захворювання, на яке страждає населення певних територіальних районів, вода і ґрунт яких містять підвищену кількість фтору. Надмірне надходження фтору призводить до інактивації ферментних систем одонтобластів – клітин, які відповідають за процеси ремінералізації (насичення емалі необхідними мікроелементами) зубів. На початку флюорозу спостерігаються фарфоро- або крейдоподібні плями на симетричних різцях, які згодом пігментуються, забарвлюються в жовто-коричневий колір. Надалі з'являються ерозії емалі, руйнується коронка зуба. Фтор здатний спричинити остеохондроз, огрубіння суглобів і зниження їх рухливості, кісткові нарости. Людині стає важко пересуватися. Великі дози фтору витягують магній з лімфи і крові, мобілізують кальцій з кісток, що часто призводить до його відкладення у нирках, легенях, м'язах. За даними різних авторів, при фтористій інтоксикації простежується ураження шлунково-кишкового тракту, печінки, нирок, нервової та ендокринної систем, порушення статевої функції.

Добова потреба фтору для різних людей індивідуальна. Так, наприклад, для дорослої людини фтору потрібно 1,5 мг на добу, дітям – 1 мг, вагітним жінкам 1,5-2 мг [14]. Загалом потрібна на добу потреба фтору залежить від віку, маси тіла і діяльності людини. Згідно вимог ДСанПіН 2.2.4-171-10 “Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною”, оптимальною для здоров'я населення концентрацією фтору у питній воді є 0,7-1,5 мг/л. Варто зазначити, що 80% фтору надходить до організму людини саме з питною водою [11].

Фтор особливо необхідний дітям в період інтенсивного фізичного розвитку. До 17 років у дітей формується і мінералізується кісткова тканина і зуби. Тому в добу мінімум 0,5 мг фтору має обов'язково надходити. Найкраще фтор засвоюється з питної води. Якщо його вміст у воді недостатній, тоді слід приймати спеціальні фторвмісні препарати. Тільки це треба робити з

обережністю і не допускати передозування. Наприклад, в деяких країнах зубну пасту, мінеральні комплекси, напої з підвищеним вмістом фтору заборонили для вільного продажу, і придбати їх можна лише за рецептом лікаря, коли діагностовано нестачу фтору.

### 1.6 Згубна дія фтору на рослини

Фтор не входить до жодної органічної сполуки у рослинних організмах, тому не є необхідним для життєдіяльності рослин елементом [15, 16]. Цей елемент слабо поглинається рослинами з ґрунту. На ступінь забруднення ґрунтів фтором великий вплив чинить сільськогосподарська діяльність, але головним джерелом фторидів у ґрунті є забруднена атмосфера.

Негативний вплив фторидів розпочинається з моменту їхнього поглинання кореневими системами і призводить до безповоротних патологічних змін. Порушення процесів обміну речовин і енергії, негативний вплив на метаболізм рослин, зменшення темпів поглинання кисню, зниження асиміляції поживних речовин, зменшення вмісту хлорофілу, пригнічення синтезу крохмалю, пригнічення функції пірофосфатази; зміна метаболізму клітинних органел; пошкодження клітинних мембран; синтез фторацетату – найбільш токсичного сполучення фтору. Встановлено, що фториди інгібують ферменти: енолазу, фосфоглюкомутазу, фосфатазу [17]. Також забруднення фтором викликає пригнічення росту та розвитку кореневої системи та наземної частини рослини [3, 18].

Школьник М. і Вайнштейн [19], які вивчали та аналізували роль фтору в стимулюванні росту рослин, вважають, що необхідність сполук фтору для життєдіяльності і метаболізму рослин однозначно не визначена. Зокрема, Вайнштейн Л. зазначив, що стимулювання деяких ізоферментів (наприклад, кислої фосфатази або дегідрогенази) після фумігації рослин HF може призводити до інгібування інших ферментів. За даними Власюка П. А. [3], в

біологічних дослідженнях фториди є інгібіторами ферментів: фосфоглюкомутази, фосфотази, енолази. Активність фосфоглюкомутази і кислої фосфотази зменшується навіть при досить низьких концентраціях фторидів.

Токсичну дію фтору на рослини можна пояснити інгібуванням багатьох ферментативних систем, що веде до загального розладу обміну речовин. Надлишкова кількість фтору значно зменшує вміст РНК у рослинах. Кількість РНК у кінчику кореня кукурудзи зменшується пропорційно до швидкості росту. Фтор сповільнює поділ і збільшення клітин та затримує ріст коренів. Під впливом фтору в тканинах рослин змінюється співвідношення органічних кислот, збільшується вміст лимонної, бурштинової, яблучної і щавлевої кислоти. Підвищений вміст фтору в атмосфері і ґрунті негативно позначається на транспірації і надходженні води ще до появи помітних пошкоджень. Підвищення інтенсивності загальної транспірації супроводжується поступовим збільшенням частки кутикулярної і зниженням продихової транспірації [20].

### 1.7 Встановлення ГДК забруднюючих речовин для ґрунтів

Щоб запобігти негативним наслідкам впливу забруднюючих речовин на природне середовище та його окремі компоненти необхідно знати їхні граничні рівні, при яких зберігається нормальне функціонування та життєдіяльність організмів. Великою нормування вмісту шкідливих хімічних сполук в компонентах природного середовища є гранично допустима концентрація (ГДК). ГДК - це такий вміст шкідливої речовини в навколишньому середовищі, який при постійному контакті або за певний проміжок часу майже не впливає на здоров'я організму чи самого природного комплексу.



Встановлення ГДК забруднювальних речовин у ґрунтах досить складне питання. Ґрунтовий покрив — це середовище, набагато менш рухливе, ніж поверхневі води й атмосфера, і акумуляція хімічних сполук, які потрапляють у ґрунт, може протікати дуже довго, поступово наближаючись до гранично допустимих концентрацій. Життєдіяльність ґрунтових жителів і фізико-хімічні процеси, які відбуваються у ґрунті, сприяють перетворенню сторонніх речовин, які надходять у ґрунт, причому, напрям і глибину цього процесу визначають багато чинників. У деяких випадках руйнування забруднювальних речовин і їхня міграція такі малі, що ними можна зневажити. В інших випадках результати перебігу процесів деградації та міграції сторонніх хімічних сполук ґрунту, порівняно з темпами їхнього надходження, і межа їхнього накопичення в ґрунті зумовлюються рівновагою між процесом надходження забруднювальних речовин та їхнім видаленням шляхом руйнування або міграції. Таким чином, ГДК забруднювальних речовин у ґрунтах визначають не лише за їхньою хімічною природою і токсичністю, а й за властивостями самих ґрунтів. На відміну від повітря і води, ґрунти зонально-генетичного ряду настільки відрізняються один від одного за хімічним складом і іншими властивостями, що для них не можуть бути встановлені уніфіковані рівні ГДК. Ці рівні повинні залежати від конкретних умов: біокліматичних особливостей природної зони, властивостей ґрунту, вирощуваних культур, системи добрив, агротехніки тощо.

Також у ґрунт забруднювальні речовини надходять не тільки з атмосферними опадами, поливними водами, у складі баластових речовин і різних відходів, але і вносяться навмисно, як добрива. Тобто у забрудненні також відіграє роль антропогенний вплив. Систематичне внесення мінеральних добрив і хімічних меліорантів, які використовують з метою підвищення родючості ґрунтів, неминуче пов'язане із внесенням у ґрунт забруднювальних речовин, які здатні проявляти токсичний вплив на рослини, тварини і людей. Одним із таких елементів, який може міститися в фосфорних

добривах і рівень якого треба контролювати, є саме фтор. Серед наявних забруднювальних сполук фтор належить до найнебезпечніших елементів (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 Віднесення хімічних речовин, які надходять у ґрунти до класів небезпеки

Клас небезпеки	Хімічна речовина
I	Миш'як, кадмій, ртуть, свинець, селен, цинк, фтор, бензи(а)пірен
II	Бор, кобальт, нікель, молібден, мідь, сурма, хром
III	Барій, ванадій, вольфрам, марганець, стронцій, ацетофенон

При визначенні ГДК забруднювальних речовин у ґрунті особливу увагу приділяють тим сполукам, які можуть мігрувати в атмосферу, ґрунтові або поверхневі води чи накопичуватися в рослинах.

## РОЗДІЛ 2.

## МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ОПИС ДОСЛІДЖУВАНИХ ВИДІВ РОСЛИН

## 2.1. Методи досліджень

Досліджувався вплив забрудненості ґрунту фтором на ростові показники деяких видів сільськогосподарських рослин та гранично допустимі концентрації фтору для даних рослин. Для визначення ГДК забрудненості ґрунту фтором, був використаний малогумусний чорнозем у який було внесено не чистий фтор, а фторид натрію з різною концентрацією (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 Концентрації які були внесені у ґрунт

Номер варіанту	Доза йонів фтору у ґрунті, мг/кг	Наважка фториду натрію, мг/кг
1	0	0
2	25	56
3	50	112
4	75	168
5	100	224

Для приготування ґрунту використовувались однакові за об'ємом посудини по 3 на кожний варіант. В одну посудину насипався ґрунт так, що його поверхня була на 0,5–1 см нижчою ніж край посудини, і зважувався. Ця маса ґрунту була однаковою у всіх посудинах. Далі розраховувалась наважку солі NaF, яка необхідна для внесення у три посудини варіанту. Далі зважувалась необхідна маса ґрунту, додавалась розрахована наважка солі і ретельно перемішувалось. Перемішування потрібне ретельне, щоб сіль рівномірно розподілилася у ґрунті. Інакше можливі похибки визначення впливу забруднбвача. Далі отриманий ґрунт із сіллю зважувався по наважках,

що повинні вноситися у посудину і насипалися у відповідні посудини. Посудини повинні бути підписані. Потім у ґрунт висівалося насіння рослин. Велось спостереження за періодом росту рослин протягом 30 днів. Відмічався характер проростання та вимірювалась довжина надземної частини кожні 5 днів. Через 30 днів рослини витягались з ґрунту і у них вимірювалась довжина кореня та довжина надземної частини, а також вміст хлорофілу.

Контролем слугували проростки, вирощені на ґрунті в якій не вносився фторид натрію.

Для кількісного визначення зелених пігментів у листках проростків досліджуваних рослин був використаний спектрофотометричний метод.

Бралася наважка (0,025–0,1 г) свіжого рослинного матеріалу і ретельно розтиралася у фарфоровій ступці з невеликою кількістю розчинника (у роботі використовувався етанол 96%) (2–3 мл) та крейди ( $\text{CaCO}_3$ ) або вуглекислого магнію ( $\text{MgCO}_3$ ). Ступку закривали кришкою чашки Петрі зі скла, або пластинку і вміст настоювали протягом 2–3 хв. Гомогенат переносили на скляний фільтр Шотта № 3 або № 4 (діаметр пор 40 або 16 мкм), який вставляли в колбу Бунзена, з'єднану з вакуумним насосом, і фільтрували. Екстракцію повторювали декілька разів до повного знебарвлення рослинного матеріалу. Фільтрат кількісно переносили у мірну пробірку і об'єм фільтрату доводили до 10 мл розчинником. Отримана витяжка містила суміш зелених та жовтих пігментів. Далі визначали оптичну густину розчину пігментів, встановлюючи довжини хвиль залежно від використаного розчинника (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 Значення довжин хвиль для вимірювання вмісту пігментів та формули розрахунку концентрацій залежно від використаного для екстракції пігментів розчинника

Розчинник	Пігмент	Довжина хвилі, нм	Формула розрахунку концентрації, мг/л
Ацетон – 100 % (ХольмВеттштейн)	Хлорофіл а	662	$CChl\ a = 9.784 \cdot D662 - 0.990 \cdot D644$
	Хлорофіл b	644	$CChl\ b = 21.426 \cdot D644 - 4.650 \cdot D662$
	Сума		$CChl\ a+b = 5.134 \cdot D662 + 20.436 \cdot D644$
	Каротиноїди	440.5	$Ckar = 4.695 \cdot D440.5 - 0.268 \cdot (Cchla + Cchlb)$
Ацетон – 100 % (Шлик)	Хлорофіл а	662	$CChl\ a = 11.70 \cdot D662 - 2.09 \cdot D644$
	Хлорофіл b	644	$CChl\ b = 21.19 \cdot D644 - 4.56 \cdot D662$
	Сума		$CChl\ a+b = 7.14 \cdot D662 + 19.10 \cdot D644$
Ацетон – 80 % (Вернон)	Хлорофіл а	665	$CChl\ a = 11.63 \cdot D665 - 2.39 \cdot D649$
	Хлорофіл b	649	$CChl\ b = 20.11 \cdot D649 - 5.18 \cdot D665$
	Сума		$CChl\ a+b = 6.45 \cdot D665 + 17.72 \cdot D649$
Ацетон – 80 % (Ліхтента лер)	Хлорофіл а	663	$CChl\ a = 12.21 \cdot D663 - 2.81 \cdot D646$
	Хлорофіл b	646	$CChl\ b = 20.13 \cdot D646 - 5.03 \cdot D663$
	Каротиноїди	479	$Ckar = 1000 \cdot D470 - 3.27 \cdot Cchla - 100 \cdot Cchlb$ 229
Етанол – 96 % (Вінтерманс де Мотс)	Хлорофіл а	665	$CChl\ a = 13.70 \cdot D665 - 5.76 \cdot D649$
	Хлорофіл b	649	$CChl\ b = 25.80 \cdot D649 - 7.60 \cdot D665$

Етиловий ефір	Хлорофіл а*	660	$CChl a = 9.93 \cdot D660 - 0.77 \cdot D642.5$ або $CChl a = 12.3 \cdot D660 - 3.2 \cdot D642 - 67.5 \cdot D535$
	Хлорофіл b*	642 642.5	$CChl b = 17.6 \cdot D642.5 - 2.81 \cdot D660$ або $CChl a = 18.8 \cdot D642 - 1.51 \cdot D660 - 26.8 \cdot D535$
	Сума		$CChl a+b = 7.12 \cdot D660 + 16.8 \cdot D642.5$
	Каротиноїди	480	$Ckar = 1000 \cdot D480 - 0.52 \cdot Cchla - 16.8 \cdot Cchlb$ 229
	феофітин	535	$CC=Фефіт = 109 \cdot D535 - 6.7 \cdot D642 - 3.4 \cdot D660$

Вміст хлорофілів в рослинному матеріалі обчислюють за формулою:

$$A = \frac{C \cdot V}{n \cdot 1000} \quad (2.1)$$

де А – вміст пігментів в рослинній тканині, мг/г сирої ваги;

С – концентрація пігментів у витяжці, мг/л;

V – об'єм витяжки пігментів, мл;

n – наважка рослинного матеріалу, г [20].

## 2.2 Опис і практичне значення пшениці м'якої

Пшениця утворює добре розвинену, розгалужену кореневу систему мичкуватого типу. Основна маса її розміщується в орному шарі ґрунту, окремі корені проникають на глибину 1,5–2 м і більше. Із зародка насінини спочатку виростає 3-6 однаково розвинутих зародкових коренів, утворюючи первинну

кореневу систему [22]. У процесі росту з підземних стеблових вузлів, і найбільше з вузла кущіння, утворюються стеблові або вузлові корені, які складають основну масу кореневої системи пшениці. Розвиток кореневої системи залежить від низки чинників. За меншої вологості ґрунту корені проникають на більшу глибину. При зниженні температури відносно краще ростуть корені, при підвищенні — надземні органи. На родючих ґрунтах і після кращих попередників коренева система менш розвинута порівняно з надземними органами, ніж на бідних ґрунтах.

Ріст зачаткового стебла починається з часу проростання зерна. У пшениці воно має назву соломину, яка складається з 4—7 міжвузлів, розділених стебловими вузлами. Росте стебло у висоту за рахунок поділу клітин біля вузлів. Його міжвузля видовжуються і потовщуються. Одночасно стебло росте і верхівкою всередині листкової трубки. Кожне наступне міжвузля довше за попереднє. Найвищий приріст стебла за добу може становити 5—7 см, і припадає він на період перед виколошуванням. Після закінчення цвітіння ріст стебла зовсім припиняється.

Листок пшениці складається з листкової пластинки та листкової піхви, яка щільно охоплює стебло. В місці переходу піхви у листкову пластинку є язичок, що запобігає затіканню у піхву води, потраплянню пилу тощо. По боках язичка є вушка. За вушками і язичком пшеницю відрізняють від інших злаків до викидання рослинами суцвіть. Найперше утворюються прикореневі листки, які формуються з підземних вузлів. Пізніше з надземних вузлів ростуть стеблові листки [ 22, 23].

В пшениці суцвіття - складний колос, який складається з членистого стрижня і колосків.

У пшениці плід має назву зернівка. Зовні зернівка вкрита плодовою і насінною оболонками. Вони захищають зерно від впливу чинників зовнішнього середовища і пошкодження хворобами та шкідниками.

Пшениця - холодостійка культура. Її насіння починає проростати при температурі 1-2°C. Для одержання дружних сходів під час сівби повинні бути температури 14-16°C. При температурі 25°C і вище формуються ослаблі проростки з тонкими корінцями, які сильно уражуються хворобами.

Пшениця вимоглива до вологи. Протягом вегетації вологість ґрунту повинна бути в межах 65-75% НВ і не знижуватись до рівня вологості розриву капілярів і тим більше до вологості в'янення рослин.

Вибаглива до світла. Похмура погода восени спричиняє неглибоке залягання вузла кушіння та погане загартування, від чого знижується морозо- і зимостійкість; весною - вилягання; під час наливу зерна - зниження вміст білка в зерні. Вимоглива до ґрунтів. Добре вдається на окультурених структурних ґрунтах середнього механічного складу. Кращими є чорноземні, каштанові та сірі лісові ґрунти [21].

Сьогодні переважна більшість населення світу використовує зерно пшениці, головним чином, для виготовлення харчових продуктів. Вирощують зерно також для отримання борошна, з якого виготовляють хлібобулочні, макаронні та кондитерські вироби. Окрім цього із зерна виготовляють різні крупи.

Зародки пшениці містять значну кількість поживних і біологічно активних речовин. Екстракт зародків пшениці — це імуномодулятор, який здатен збільшити опір організму дії негативних зовнішніх факторів. У медицині та косметології екстракт зародків пшениці використовується як засіб, що має протиопіковий ефект, прискорює загоєння ран, виразок та опіків. Це обумовлено впливом екстракту зародків пшениці на фібробласти, які відіграють основну роль в загоєнні ран і активації грануляційного процесу. Під впливом екстракту зародків пшениці відбувається збільшення кількості фібробластів (підвищення мітозу) і проникнення фібробластів в рану, підвищенню активності орнітіндекарбоксилази і гідролізу фосфоліпіда



інозітола, збільшення ємності синтезу і вивільненню глікозаміногліканів і колагенових волокон, що грає вирішальну роль в процесі загоєння рани. В ході клінічних досвідів ураїнськими вченими було доведено ефективність препарату Вульностимулін на основі водного екстракту зародків пшениці у лікуванні трофічних виразок нижніх кінцівок у хворих на цукровий діабет. У косметології також використовується як омолоджуючий засіб [25]. Завдяки вмісту селену і каротиноїдів, які мають антиоксидантні властивості, зародки пшениці перешкоджають дії вільних радикалів. Таким чином екстракт зародків пшениці зміцнює стінки судин, попереджає старіння і появу пухлин.

### 2.3 Опис і практичне значення жита посівного

Посівне жито відзначається добре розвинутою кореневою системою, яка проникає у ґрунт на глибину до 1,5–2 м і завдяки високій фізіологічній активності легко засвоює з ґрунту поживні речовини з важкорозчинних сполук.

Вузол куціння у жита формується на трохи меншій глибині від поверхні ґрунту (1,7–2 см), ніж у пшениці (2–3 см). Коли насіння загортається глибоко, жито закладає два вузли куціння: перший — глибоко, а пізніше другий — близько до поверхні ґрунту, який стає головним. Інтенсивність куціння у жита досить висока — кожна рослина утворює 4–8 пагонів, а за сприятливих умов — до 50–90.

Стебло — порожниста соломина, гнучке, вкрите восковим нальотом, утворює 5–7 міжвузлів. Верхівка останнього міжвузля опушена. Висота стебла залежно від умов вирощування та сорту коливається від 70 до 180–200 см (у середньому 80–100 см).

Листки шорсткі, покриті восковим нальотом. Довжина листкової пластинки — 15–30, ширина — 1,5–2,5 см. В основі пластинки міститься короткий язичок і короткі голі або слабоопушені вушка.

Колос у жита остистий, незакінченого типу — на верхівці стрижня немає кінцевого верхівкового колоска. Стрижень колоса сплюснутий, опушений, членики опушені. Колоски в основному двоквіткові, рідко три-, чотириквіткові. У колосі міститься 30–40 колосків.

Зерно жита різне за розміром, формою, забарвленням. Довжина його — 5–10 мм, ширина — 1,5–3,5, товщина — 1,5–3 мм. Маса 1000 зерен у диплоїдного жита — 20–35, тетраплоїдного — 35–50 г. Форма зерен видовжена (з відношенням довжини до ширини більш як 3,3) або овальна (з відношенням довжини до ширини 3,3 і менше) з помітною поперечною зморшкуватістю на поверхні. За забарвленням розрізняють зерно біле, зеленувате, сіре, жовте, темно-коричневе [22, 26].

Жито менш вимоглива до умов зовнішнього середовища культура, ніж пшениця. По відношенню до тепла жито холодостійкіше за пшеницю. На рівні вузла кущення жито витримує морози до мінус 25°C, а добре загартовані посіви - навіть мінус 35°C. При наявності вологи в ґрунті жито може проростати при температурі 1 - 2 ° С , а дружні сходи з'являються при температурі 8-12°C. У період вегетації сприятливою для жита є температура 18-20°C. По відношенню до вологи жито менш вимогливе, ніж озима пшениця. Воно краще витримує весняні посухи завдяки добре розвиненій кореневій системі. Транспіраційний коефіцієнт 340-420. Зважаючи на те, що жито перехреснозапильна культура, воно погано переносить суху погоду, спеку і затяжні дощі в період цвітіння, що викликає череззерницю [27, 28].

Жито, завдяки добре розвиненій кореневій системі з підвищеною поглинаючою здатністю, відносно менш вимогливе до ґрунтів. Жито краще інших культур поглинає фосфор із важкорозчинних сполук ґрунту. По

засвоєнню із ґрунту калію дещо поступається тільки вівсу. Може рости і розвиватись на малородючих і піщаних ґрунтах. Проте високі врожаї забезпечує на родючих ґрунтах. Витримує підвищену кислотність ґрунту (рН 5,5) і невелику засоленість. На утворення 1 ц зерна виносить з ґрунту 3 кг азоту, 1, 2 - 1, 5 кг фосфору, 2-2,5 кг калію.

Жито, порівняно з пшеницею, менше реагує на повторне вирощування і вибагливість до попередників у нього не дуже висока.

Осінній період вегетації жита повинен складати 40-45 днів з сумою середньодобових температур 450-550°C. Для проростання сім'я необхідно три чинники: вода, тепло і кисень. Насіння іржі може поглинути до повного насичення в середньому 50 - 70% води від ваги сухого насіння (Кулешов, 1963). Насіння жита може проростати при дуже низькій температурі, навіть при 0°C, але краща температура для проростання зародкового коріння 3,8°C.

Жито - важлива продовольча і кормова культура. У зерні міститься 9-15% білка, близько 81% вуглеводів і вітаміни груп А, В, Е, РР. Житнє борошно використовується для випічки різних сортів хліба. Випікають також хліб із суміші житнього і пшеничного борошна. Житній хліб характеризується високою калорійністю і за біологічною цінністю білка переважає пшеничний. Білок жита порівняно з пшеничним містить більше незамінних амінокислот, особливо лізину. У житньому хлібі містяться ненасичені жирні кислоти, здатні розчиняти холестерин в організмі людини [29]. Тому його рекомендують вживати людям похилого віку. Житнє зерно, висівки, борошно - цінний концентрований корм. Зелена маса за кормовими якостями не поступається багаторічним травам. У зеленій масі жита більше білка (14%) ніж у озимої пшениці і кукурудзи. Житню соломі і половину використовують як грубий корм.

Зерно жита використовується і для технічних цілей. Воно переробляється на спирт, крохмаль, патоку. Із соломи виготовляють оцтову кислоту, лігнін, целюлозу та ін.

Агротехнічне значення жита полягає в здатності пригнічувати бур'яни внаслідок великої кущистості і швидкого росту. Озиме жито на зелений корм є добрим попередником для озимої пшениці, а на зерно для просапних і ярих культур.

#### 2.4 Опис і практичне значення ячменю посівного

Ячмінь посівний — однорічна рослина висотою 30-60 см, у культурних сортів — до 90 см з листям до 30 см завдовжки і 2-3 см шириною. Утворює колос довжиною близько 10 см. Кожен колосок — одноцвіт, плід — зернівка. Стрижень колоса складається з члеників, які мають в горі виступи, на яких сидять колоски. На кожному виступі стрижня є три колоски.

Корнева система мичкувата. Зерно проростає зародковими корінцями, яких буває від 4 до 7. Сходи ячменю сизувато-зелені. Стебло - порожниста циліндрична соломина, заввишки 50-135 см, завтовшки 2,5-4 мм, складається з 5-7 міжвузлів, покрите восковим нальотом, схильне до вилягання. Листки значно ширші ніж у пшениці. Язичок короткий, без зубчиків. Вушка досить великі, охоплюють соломину і заходять одно за одне. За вушками і язичками ячмінь на початку вегетації легко відрізнити від пшениці та вівса. Листкові пластинки завдовжки 12-25 см, завширшки 8-25 мм.

Суцвіття - дворядний або багаторядний колос незакінченого типу. На кожному виступі членика розміщується три одноквіткових колоски. Колоски за будовою різні: у дворядного ячменю середні плодоносні, бічні - безплідні; у багаторядного - всі плодоносні. Плодоносні колоски в обох підвидів мають дві вузенькі колоскові луски та дві широкі квіткові, які у півчастих сортів зростаються із зернівкою, у голозерних - охоплюють зернівку без зростання.

Ячмінь посівний самозапильна рослина. Цвітіння відбувається перед колосінням. У спекотну погоду ячмінь цвіте після колосіння, тому можливе перехресне запилення. Зерно ячменю зростається з квітковими лусками або голе, досить широке і стиснуте від спинки.

Ячмінь - невимоглива до тепла рослина. Мінімальна температура проростання насіння 1-2°C, оптимальна- 15-20°C. Сходи витримують приморозки -3-4°C, а іноді й до -6°C. Біологічний мінімум для з'явлення сходів 4-5°C. Мінімальна температура для формування генеративних органів 10-12°C. Для швидкого розвитку кореневої системи, кущіння і формування колоса (від з'явлення сходів до виходу в трубку) необхідна помірна температура в межах 12-20°C. Оптимальна температура для росту і розвитку рослин у період вегетації 18°C [23, 24].

Ячмінь характеризується найвищою, серед ярих зернових першої групи, стійкістю проти високої температури (запалу), легко витримуючи підвищення її до 38-40°C. За такої температури проростання ячменю не паралізуються впродовж 25-35 год., тоді як у ярої пшениці вже через 10-17, а у вівса - навіть через 5 год., настає їх параліч. Саме тому посіви ярого ячменю поширені у південних регіонах України. Ячмінь серед хлібів першої групи найбільш посухостійкий і відзначається високопродуктивною витратою вологи на створення одиниці органічної речовини. Проте на початку вегетації в ячменю недостатньо розвинена коренева система і рослини погано переносять весняні посухи. Тому запізнення з сівбою може спричинити недружне з'явлення сходів і сповільнення розвитку рослин на пізніших фазах росту. Під час виходу в трубку, колосіння, цвітіння і початку формування зерна ячмінь вимогливий до вологи, але надлишок опадів за високих температур на багатих на поживні речовини ґрунтах викликає надмірне кущіння, інтенсивне наростання біомаси, що спричинює вилягання [27].

Ячмінь має високу повітряну посухостійкість, порівняно з пшеницею та вівсом, і більшу стійкість до високих температур і запалів. Вищі урожаї формуються на ґрунтах з високою водо утримуючою здатністю, нижчі - на ґрунтах, що погано зв'язують вологу. Серед зернових культур це найбільш скоростигла культура, деякі сорти ячменю досягають за 75 днів, що сприяє його проникненню навіть у північні регіони. Ячмінь має слаборозвинену кореневу систему, тому краще росте на родючих, добре забезпечених поживними легкодоступними речовинами ґрунтах. Урожайність його різко знижується на заболочених ґрунтах, недостатньо розпушених, з близьким заляганням ґрунтових вод. Разом з тим погано росте на легких піщаних ґрунтах, дуже пригнічується на кислих торфовищах (при  $\text{pH} < 6$ ), а в умовах надмірно кислої реакції ґрунтового розчину ( $\text{pH} 3,5$ ) сходи не з'являються. При  $\text{pH} < 4,5$  частина рослин гине після сходів. На кислих ґрунтах навіть за високого рівня удобрення рослина не здатна засвоїти елементи живлення з ґрунту. Оптимальне  $\text{pH}$  ґрунту для ячменю - 6,0-7,3 [21].

З ячменю виробляють перлову (зерно очищене від висівок) й ячневу (подрібнене зерно без висівок) крупи, з яких варять відповідні перлову й ячну каші.

Згідно з нещодавніми дослідженнями, вживання цілих зерен ячменю може регулювати рівень цукру в крові (наприклад, обмежити підвищення вмісту глюкози в крові у відповідь на вживання їжі) протягом 10 годин після споживання.

Більша частина решти виробництва використовується у пивоварінні, для якого ячмінь є найкращим зерном. Це ключовий компонент у виробництві пива і віскі [29].

У 18 столітті поширеним алкогольним напоєм було ячмінне вино. Воно виготовлялося кип'ятінням ячменю у воді, потім змішуванням відвару з білим вином та іншими інгредієнтами, такими як огіркова трава, лимон і цукор. У 19

столітті різні вина з ячменю виготовлялися за рецептами давньогрецького походження. Безалкогольні напої, такі як ячмінна вода і ячмінний чай (mugicha) виготовляються кип'ятінням ячменю у воді. З ячменю також часто виготовляють сурогати кави (ячмінна кава). Цей напій може бути підготовлений з використанням кавоварки, чи звичайним запарюванням. В Італії широко використовувався під час фашистського періоду через блокаду і проблеми з імпортом кави. Пізніше він продавався як сурогат кави для дітей. В даний час ячмінна кава переживає відродження як альтернатива кави для людей, котрим, за станом здоров'я, кофеїн вживати не рекомендується. Згідно з нещодавніми дослідженнями, вживання цілих зерен ячменю може регулювати рівень цукру в крові (наприклад, обмежити підвищення вмісту глюкози в крові у відповідь на вживання їжі) протягом 10 годин після споживання. Ефект пояснюють специфікою ферментації нестравних вуглеводів.

Ячмінь є важливим кормовим зерном у багатьох районах світу, які не підходять для виробництва кукурудзи за кліматом, особливо в північних країнах, наприклад, у північній та східній Європі. Ячмінь є основним кормовим зерном у Канаді, Європі та на півночі США. Половина урожаю ячменю у Сполучених Штатах використовується як корм для телят.

## РОЗДІЛ 3

ВПЛИВ ЗАБРУДНЕНОСТІ ҐРУНТУ ФТОРОМ НА РОСТОВІ ПОКАЗНИКИ  
ДЕЯКИХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ РОСЛИН

Для дослідження у кожній окремій горщик було висаджено 5 насінин кожного виду досліджуваного виду рослин.

Було виміряно довжину коренів та стебел проростків жита посівного (табл. 3.1), пшениці м'якої (табл. 3.2), ячменю посівного (табл. 3.3).

Таблиця 3.1 Результати вимірів проростків жита посівного (*Secale cereale L.*)

№ горщика	Корінь (см)	Стебло (см)
1А	4, 5, 6, 4	28, 28, 22, 19
1Б	5, 4, 6, 6, 5	27, 23, 33, 26, 15
1В	5, 7, 6, 7, 6	30, 25, 38, 37, 29
2А	4, 4, 3, 5, 5	27, 20, 10, 15, 30
2Б	5, 5, 5, 6	30, 26, 41, 25
2В	4.5, 4, 3, 5.5	19, 26, 36, 19
3А	3, 4.5, 4, 5.5	19, 32, 23, 17
3Б	5, 4, 4, 5, 5.5	41, 25, 20, 25, 26
3В	5, 6, 4, 5, 5	26, 31, 25, 24, 28
4А	4, 5, 6.7, 5	24, 30, 29, 26
4Б	3, 2.5, 3, 2	29, 14, 25, 13
4В	5, 2, 6, 4, 7	43, 15, 28, 25, 21
5А	4, 5, 6, 6, 5	27, 34, 25, 30, 32
5Б	5, 4, 5	25, 19, 29
5В	3, 10, 10, 3, 5	23, 38, 24, 18, 31

Таблиця 3.2 Результати вимірів проростків пшениці м'якої (*Triticum aestivum L.*)

№ горщика	Корінь (см)	Стебло (см)
1А	7, 5, 5, 6, 6	20, 34, 40, 37, 28
1Б	5, 5, 6, 6, 7	44, 43, 50, 45, 41
1В	5, 5, 6, 5, 5	34, 35, 39, 38, 27
2А	5, 5, 7, 6, 5	35, 37, 38, 46, 37



2Б	6, 6, 5, 6, 5	23, 29, 24, 36, 21
2В	5, 5, 7, 5, 5	45, 33, 34, 41, 24
3А	6, 4, 7, 5	30, 38, 40, 29
3Б	4, 4, 1	10, 21, 5
3В	6, 3	41, 20
4А	5, 6	34, 35
4Б	4, 2	22, 6
4В	6, 6, 5, 6	33, 37, 27, 25
5А	-	-
5Б	3, 7, 8	35, 40, 41
5В	13, 6, 7, 2	19, 16, 27, 5

Таблиця 3.3 Результати вимірів проростків ячменю посівного (*Hordeum vulgare L.*)

№ горщика	Корінь (см)	Стебло (см)
1А	5, 6, 6, 5	17, 21, 25, 23
1Б	4, 6, 4, 6, 7	27, 32, 30, 33, 41
1В	5, 6, 5, 4, 4	25, 31, 28, 21, 18
2А	7, 6, 5, 6, 5	27, 33, 22, 27, 23
2Б	6, 3, 6, 7, 4	27, 33, 32, 31, 21
2В	7, 4, 4, 4	18, 19, 15, 20
3А	5, 4, 6	24, 22, 27
3Б	5, 3, 5, 2	23, 17, 25, 11
3В	7, 6, 4, 4	28, 23, 31, 20
4А	5, 3, 4, 3	24, 15, 20, 14
4Б	4, 6, 6	21, 25, 28
4В	4, 7	20, 34
5А	7, 5	23, 13
5Б	6, 5	33, 20
5В	6, 7, 2	38, 31, 8

Для статистичної обробки результатів вимірів був проведений дисперсний аналіз та порівняння середніх (метод Даннета).

Як видно на таблиці 3.4 вміст фтору при концентрації 25 мг/кг, не змінив виживаність жита посівного, при концентрації 50мг/кг виживаність значно погіршилась і становила 65.51% до контролю, при концентрації 75 мг/кг виживаність жита посівного становила 92.75% відносно контролю, що значно більше ніж при концентрації 50 мг/кг, при вмісті фтору у 100мг/кг виживаність жита становила 82.75% до контролю.

Якщо  $D > D^D$ , то різниця між середніми існує, а отже і вплив є достовірним. В даному випадку з таблиці видно, що у всіх випадках  $D < D^D$ , тобто впливу на виживаність не спостерігається.

Таблиця 3.4 Вплив забруднення ґрунту фторидами на виживаність жита посівного

Номер варіанту	Вживаність рослин, %			
	$M \pm m$	D	$D^D$	% до контролю
<i>Жито посівне – Secale cereale L.</i>				
1	96.67 ± 5.77			100.0
2	96.67 ± 5.77	0.00	48.01	100.0
3	63.33 ± 7.26	-33.33	48.01	65.51
4	86.67 ± 11.55	-10.00	48.01	92.75
5	80.00 ± 20.00	-16.67	48.01	82.75

Як видно з таблиці 3.5 вміст фтору при концентрації 25 мг/кг також не змінив виживаність пшениці м'якої, при концентрації 50мг/кг виживаність значно погіршилась і становила 61.43% до контролю, при концентрації 75 мг/кг виживаність пшениці м'якої становила 44.37% відносно контролю, що значно менше ніж при концентрації 50 мг/кг, при вмісті фтору у 100мг/кг виживаність пшениці становила 34.13% до контролю.

Якщо  $D > D^D$ , то різниця між середніми існує, а отже і вплив є достовірним. В даному випадку з таблиці видно, що у всіх випадках крім концентрації у 25 мг/кг  $D > D^D$ , тобто вплив на виживаність є.

Таблиця 3.5 Вплив забруднення ґрунту фторидами на виживаність пшениці м'якої

Номер варіанту	Вживаність рослин, %			
	$M \pm m$	$D$	$D^D$	% до контролю
<i>Пшениця м'яка – Triticum aestivum L.</i>				
1	97.67 ± 2.52			100.0
2	97.67 ± 2.52	0.00	21.71	100.0
3	60.00 ± 20.00	-37.67	21.71	61.43
4	43.33 ± 5.77	-54.33	21.71	44.37
5	33.33 ± 11.55	-64.33	21.71	34.13

Як видно на таблиці 3.6 вміст фтору при концентрації 25 мг/кг, не змінив виживаність і ячменю посівного, при концентрації 50мг/кг виживаність значно погіршилась і становила 67.8% до контролю, при концентрації 75 мг/кг виживаність жита посівного становила 61.02% відносно контролю, що не значно менше ніж при концентрації 50 мг/кг, при вмісті фтору у 100мг/кг виживаність жита становила 44.07% до контролю.

Якщо  $D > D^D$ , то різниця між середніми існує, а отже і вплив є достовірним. В даному випадку з таблиці видно, що у всіх випадках, крім концентрації у 25 мг/кг,  $D > D^D$ , тобто вплив на виживаність є.

З таблиці 3.7 видно що чим більша концентрація фтору тим показники заглиблення корневих систем менші у всіх видах досліджуваних рослин.

Якщо  $D > D^D$ , то різниця між середніми існує, а отже і вплив є достовірним. В даному випадку з таблиці видно, що у всіх випадках,  $D > D^D$ , тобто вплив на заглиблення корневих систем є.

Таблиця 3.6 Вплив забруднення ґрунту фторидами на виживаність ячменю посівного

Номер варіанту	Виживаність рослин, %			
	$M \pm m$	D	D <sup>D</sup>	% до контролю
<i>Ячмінь посівний – Hordeum vulgare L.</i>				
1	98.33 ± 2.897			100.0
2	98.33 ± 2.89	0.00	21.78	100.0
3	66.67 ± 11.55	-31.67	21.78	67.80
4	60.00 ± 20.00	-38.33	21.78	61.02
5	43.33 ± 5.77	-55.00	21.78	44.07

Таблиця 3.7 Вплив забруднення ґрунту фторидами на заглиблення корневих систем деяких видів сільськогосподарських рослин

Номер варіанту	$M \pm m$	D	D <sup>D</sup>	% до контролю
<i>Жито посівне – Secale cereale L.</i>				
1	8.07 ± 1.29			100.0
2	6.60 ± 1.71	-1.47	1.08	81.8
3	5.47 ± 1.31	-2.60	1.08	67.8
4	5.04 ± 0.69	-3.03	1.10	62.5
5	3.63 ± 1.21	-4.44	1.15	44.9
<i>Пшениця м'яка – Triticum aestivum L.</i>				
1	7.00 ± 1.16			100.0
2	5.67 ± 0.79	-1.33	0.92	81.0
3	4.22 ± 1.47	-2.78	1.06	60.3
4	3.63 ± 0.86	-3.38	1.10	51.9
5	3.57 ± 1.05	-3.43	1.15	51.0
<i>Ячмінь посівний – Hordeum vulgare L.</i>				
1	6.60 ± 0.95			100.0
2	5.87 ± 0.81	-0.73	0.82	89.0
3	4.82 ± 0.83	-1.78	0.89	73.0
4	4.22 ± 1.13	-2.38	0.94	64.0
5	3.57 ± 1.18	-3.03	1.02	54.1

На таблиці 3.8 видно що чим більша концентрація фтору тим показники заглиблення корневих систем менші у всіх видах досліджуваних рослин. Також на таблиці представлені гранично допустимі концентрації вмісту фтору у малогумусному чорноземі і для жита посівного становили 0.021 г/кг, для пшениці м'якої – 0.017 г/кг, для ячменю посівного – 0.023 г/кг.

Якщо  $D > D^D$ , то різниця між середніми існує, а отже і вплив є достовірним. В даному випадку з таблиці видно, що у всіх випадках в усіх видів,  $D > D^D$ , тобто вплив на висоту пагону є.

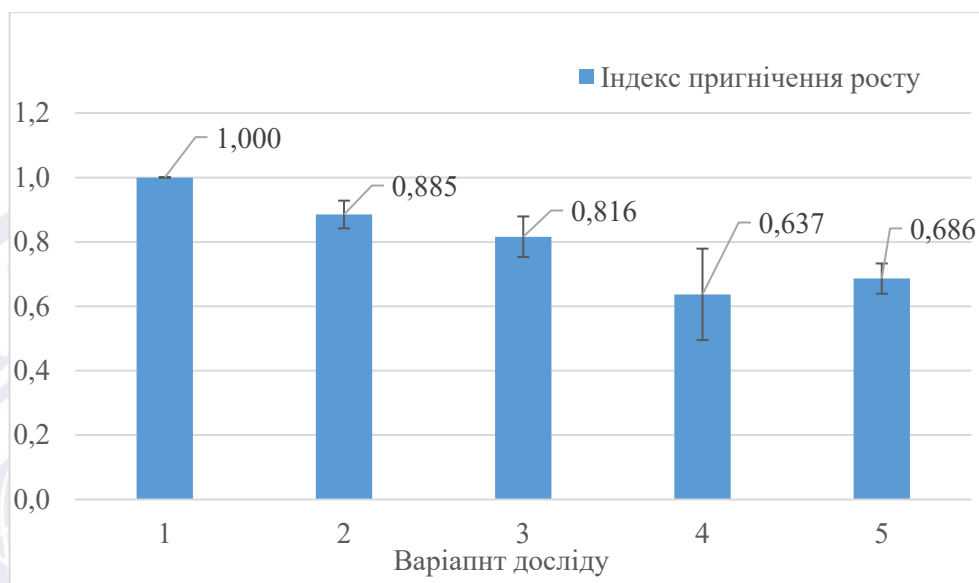
Таблиця 3.8 Вплив забруднення ґрунту фторидами на висоту пагону деяких видів сільськогосподарських рослин

Номер варіанту	$M \pm m$	D	$D^D$	%до контролю	Індекс пригнічення росту	Рівняння регресії	ГДК, г/кг
<b>Жито посівне – <i>Secale cereale L.</i></b>							
1	$31.80 \pm 5.39$			100.0	1.0.0	$Y=0.9860 \times 0.0131^x$	0.021
2	$26.13 \pm 4.44$	-5.67	3.69	81.9	0.85		
3	$23.33 \pm 4.56$	-8.47	3.69	73.2	0.78		
4	$23.71 \pm 3.57$	-8.09	3.74	74.3	0.76		
5	$21.92 \pm 3.66$	-9.88	3.93	68.7	0.69		
<b>Пшениця м'яка – <i>Triticum aestivum L.</i></b>							
1	$37.60 \pm 4.54$			100.0	1.00	$Y=$ 9.99	0.017

2	31.20 ± 4.07	-6.40	3.68	83.0	0.89		
3	27.00 ± 5.89	-10.60	4.24	71.8	0.74		
4	21.88 ± 3.48	-15.73	4.41	58.2	0.58		
5	17.74 ± 2.12	-19.89	4.61	47.2	0.49		
<b>Ячмінь посівний – <i>Hordeum vulgare L.</i></b>							
1	28.27 ± 2.77			100.0	1.00	Y=0.9992x+0.0108x	0.023
2	24.20 ± 2.43	-4.07	2.70	85.6	0.93		
3	20.64 ± 4.38	-7.63	2.94	73.0	0.77		
4	18.00 ± 3.20	-10.27	3.12	63.7	0.67		
5	18.43 ± 3.06	-9.84	3.38	65.2	0.67		

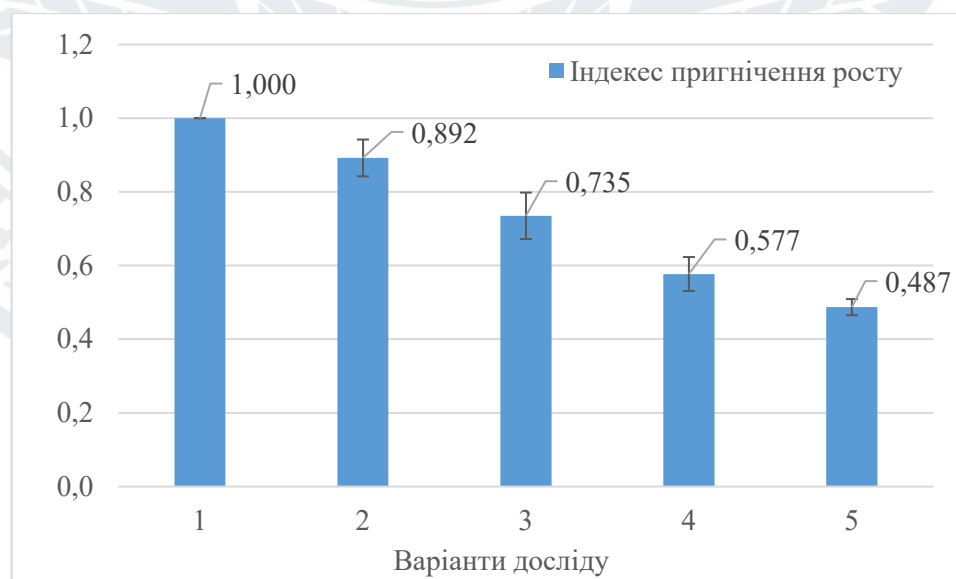
На рис 3.1 зображено графік індексу пригнічення росту жита посівного при різних концентраціях фтору у ґрунті, як видно з графіку ІПР знижується зі збільшенням концентрації, найнищий показник при концентрації фтору 75 мг/кг.

Рис. 3.1 Індекс пригнічення росту жита посівного за умов забруднення ґрунту фторидами



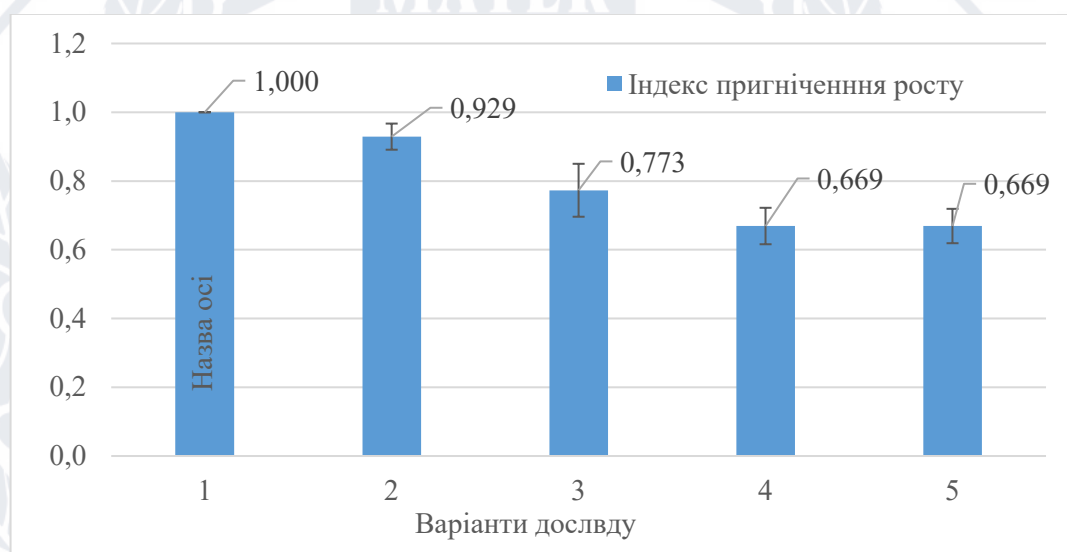
З графіку індексу пригнічення росту пшениці м'якої при різних концентраціях фтору у ґрунті, що зображений на рис. 3.2, видно що ІПР значно знижується зі збільшенням концентрації фтору, найнищий показник при вмісті елемента 100мг/кг.

Рис. 3.2 Індекс пригнічення росту пшениці м'якої за умов забруднення ґрунту фторидами



На рис 3.3 зображено графік індексу пригнічення росту ячменю посівного при різних концентраціях фтору у ґрунті, як видно з графіку ІПР знижується зі збільшенням концентрації, найнищі показники при концентрації фтору 75 мг/кг та 100 мг/кг.

Рис. 3.3 Індекс пригнічення росту ячменю посівного за умов забруднення ґрунту фторидами



Також було виміряно вміст хлорофілів а і в спектрофотометричним методом

На таблиці 3.9 видно що чим більша концентрація фтору тим вміст хлорофілу а менший у всіх видах досліджуваних рослин.

Якщо  $D > D^D$ , то різниця між середніми існує, а отже і вплив є достовірним. В даному випадку з таблиці видно, що у жита у всіх випадках крім останнього,  $D < D^D$ , тобто впливу не спостерігається, а у пшениці та ячменю в усіх випадках  $D > D^D$ , що означає що фтор впливає на вміст хлорофілу а.



Таблиця 3.9 Вплив забруднення ґрунту на вміст хлорофілу а в листках проростків росин за умов забруднення фторидами

Номер варіанту	$M \pm m$	D	$D^D$	% до контролю
<b><i>Жито посівне – Secale cereale L.</i></b>				
1	$0.61 \pm 0.09$	-	-	100.0
2	$0.48 \pm 0.17$	-0.13	0.18	78.7
3	$0.46 \pm 0.03$	-0.15	0.18	75.4
4	$0.44 \pm 0.03$	-0.17	0.18	72.1
5	$0.38 \pm 0.06$	-0.23	0.18	62.3
<b><i>Пшениця м'яка – Triticum aestivum L.</i></b>				
1	$0.69 \pm 0.06$			100.0
2	$0.53 \pm 0.04$	-0.16	0.07	76.8
3	$0.52 \pm 0.01$	-0.18	0.07	75.4
4	$0.33 \pm 0.01$	-0.36	0.07	47.8
5	$0.28 \pm 0.03$	-0.41	0.07	40.6
<b><i>Ячмінь посівний – Hordeum vulgare L.</i></b>				
1	$0.64 \pm 0.05$			100.0
2	$0.58 \pm 0.02$	-0.06	0.06	90.6
3	$0.48 \pm 0.02$	-0.16	0.06	75.0
4	$0.50 \pm 0.03$	-0.14	0.06	78.1
5	$0.42 \pm 0.02$	-0.22	0.06	65.6

На таблиці 3.10 видно що вплив фтору на вміст хлорофілу b різна, у жита при концентрації 25 мг/кг та 75мг/кг навіть перевищує контроль на 44.8 % при концентрації 25мг/кг та на 6.9% при 75 мг/кг, при інших зменшується, у пшениці при усіх концентраціях фтору вміст хлорофілу менший, також менший вміст хлорофілу при збільшенні концентрації фтору у ячменю.

Якщо  $D > D^D$ , то різниця між середніми існує, а отже і вплив є достовірним. В даному випадку з таблиці видно, що у жита у всіх випадках крім останнього,  $D < D^D$ , тобто впливу не спостерігається, у пшениці в усіх випадках  $D > D^D$ , що означає що фтор впливає на вміст хлорофілу b, у ячменю при концентрації 25 мг/кг та 50 мг/кг  $D < D^D$  а при інших  $D > D^D$ .

Таблиця 3.10 Вплив забруднення ґрунту на вміст хлорофілу *b* в листках проростків рослин за умов забруднення фторидами

Номер варіанту	$M \pm m$	$D$	$D^D$	% до контролю
<b><i>Жито посівне – Secale cereale L.</i></b>				
1	$0.29 \pm 0.03$			100.0
2	$0.42 \pm 0.13$	0.12	0.22	144.8
3	$0.25 \pm 0.08$	-0.04	0.22	86.2
4	$0.31 \pm 0.13$	0.02	0.22	106.9
5	$0.13 \pm 0.03$	-0.16	0.22	44.8
<b><i>Пшениця м'яка – Triticum aestivum L.</i></b>				
1	$0.27 \pm 0.02$			100.0
2	$0.20 \pm 0.02$	-0.08	0.06	74.1
3	$0.18 \pm 0.03$	-0.09	0.06	66.7
4	$0.20 \pm 0.05$	-0.08	0.06	74.1
5	$0.12 \pm 0.01$	-0.15	0.06	44.4
<b><i>Ячмінь посівний – Hordeum vulgare L.</i></b>				
1	$0.24 \pm 0.01$			100.0
2	$0.22 \pm 0.02$	-0.02	0.06	91.7
3	$0.18 \pm 0.02$	-0.06	0.06	75.0
4	$0.17 \pm 0.06$	-0.07	0.06	70.8
5	$0.16 \pm 0.03$	-0.07	0.06	66.7

З таблиці 3.11 видно що вплив фтору на вміст суми хлорофілів, негативний у всіх видах досліджуваних рослин, але найгірший у пшениці. Також на таблиці представлено гранично допустиму концентрацію фтору у ґрунті за індексом деградації хлорофілів, для жита посівного ця концентрація становила 0.045 г/кг, для пшениці м'якої – 0.013 г/кг, для ячменю посівного – 0.030 г/кг.

Якщо  $D > D^D$ , то різниця між середніми існує, а отже і вплив є достовірним. В даному випадку з таблиці видно, що у жита у всіх випадках крім останнього,  $D < D^D$ , тобто впливу не спостерігається, у пшениці в усіх випадках  $D > D^D$ , що означає що фтор впливає на вміст суми хлорофілів, у ячменю при концентрації 25 мг/кг  $D < D^D$  а при інших  $D > D^D$ .

Таблиця 3.11 Вплив забруднення ґрунту на вміст суми хлорофілів а і b в листках проростків рослин за умов забруднення фторидами

Варіант	Відношення хл. а/хл. b	Вміст суми хлорофілів, мг/г					ГДК за ІДХ, г/кг
		$M \pm m$	D	D <sup>D</sup>	ІДХ	Рівняння регресії	
<b>Жито посівне – <i>Secale cereale L.</i></b>							
1	2.10 ± 0.08	0.89 – 0.12	-	-	1.0 ± 0.0	Y=1.0026- 0.7739×X- 32.9677×X <sup>2</sup>	0.045
2	1.36 ± 0.86	0.89 ± 0.08	- 0.01	0.20	0.9 ± 0.1		
3	1.95 ± 0.6	0.71 ± 0.12	- 0.19	0.20	0.9 ± 0.3		
4	1.63 ± 0.89	0.75 ± 0.10	- 0.15	0.20	0.8 ± 0.1		
5	2.88 ± 0.29	0.51 ± 0.08	- 0.39	0.20	0.6 ± 0.1		
<b>Пшениця м'яка – <i>Triticum aestivum L.</i></b>							
1	2.54 ± 0.03	0.96 ± 0.08			1.0 ± 0.0	Y=0.9996- 5.7962×X+ 0.2315×X <sup>2</sup>	0.013
2	2.71 ± 0.12	0.73 ± 0.05	- 0.23	0.10	0.8 ± 0.1		
3	2.92 ± 0.40	0.69 ± 0.03	- 0.27	0.10	0.7 ± 0.1		
4	1.75 ± 0.45	0.53 ± 0.06	- 0.44	0.10	0.6 ± 0.1		
5	2.29 ± 0.19	0.41 ± 0.03	- 0.56	0.10	0.4 ± 0.1		
<b>Ячмінь посівний – <i>Hordeum vulgare L.</i></b>							
1	2.57 ± 0.27	0.84 ± 0.03			1.0 ± 0.0	Y=1.0051 ×e <sup>-3.6416×X</sup>	0.030
2	2.59 ± 0.27	0.80 ± 0.04	- 0.04	0.09	1.0 ± 0.0		
3	2.74 ± 0.25	0.66 ± 0.04	- 0.18	0.09	0.8 ± 0.1		
4	3.16 ± 1.04	0.67 ± 0.07	- 0.17	0.09	0.8 ± 0.1		
5	2.60 ± 0.31	0.58 ± 0.05	- 0.26	0.09	0.7 ± 0.15		

## ВИСНОВОК

Проведені дослідження дозволяють зробити такі висновки:

- 1) Незважаючи на значне розповсюдження фтору в природі, велику хімічну активність його сполук, необхідність мікроелементу для життєдіяльності рослин однозначно не визначена.
- 2) За результатами досліджень можна зробити висновок що забруднення малогумусового чорнозему різними концентраціями фтору негативно вплинула на виживаність пшениці м'якої, та ячменю посівного, а на жито посівне вірогідності впливу не виявлено.
- 3) Вміст фтору в ґрунті при усіх концентраціях негативно вплинув на довжину пагону усіх видів рослин.
- 4) Виявлено негативний вплив на підземну частину рослин усіх видів при забрудненості чорнозему фтором .
- 5) У пшениці та ячменю спостерігається негативний вплив фтору на вміст хлорофілу а, але не виявлено впливу на хлорофіл а у жита.
- 6) Концентрація фтору не впливає на вміст хлорофілу b у жита, негативно впливає на пшеницю, у ячменю при концентрації 25 мг/кг та 50 мг/кг впливу немає а при інших вплив підтвердився.
- 7) В ході дослідження було встановлено ГДК фтору яка для пшениці становить 0.017 г/кг, для жита - 0.021 г/кг, для ячменю – 0.023 г/кг, також було встановлення ГДК за ІДХ, для жита посівного становить 0.045 г/кг, для пшениці м'якої – 0.013 г/кг, для жита посівного – 0.030 г/кг.
- 8) В результаті проведених досліджень встановлено, що найбільш витривалим до забруднення ґрунту фтором є жито посівне, а найбільш уразливим – пшениця м'яка.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Володимирець В. О. Біохімія рослин: інтерактивний комплекс навчально-методичного забезпечення. Рівне: НУВГП, 2006. 127 с.
2. Красільнікова Л. О., Авксентьева О. О., Жмурко В. В. Біохімія рослин. Харків: Колорит, 2007. 187 с.
3. Іванов Є. А., Біланюк В. І. Проблеми рекультивації і ревіталізації земель, порушених гірничими роботами. Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування: Четверта міжнародна науково-практична конференція (Трускавець, 6–10 листопада 2017 р.). Трускавець, 2017. С. 262–270.
4. Іванов С. В., Манчук Н. М., Борсук П. С. Загальна хімічна технологія: промислові хіміко-технологічні процеси: Навчальний посібник. К.: НАУ-друк, 2010. 280 с.
5. Поліщук С. З. Забруднення атмосфери та парниковий ефект. Екологія і природокористування. 2006. Вип. 9. С. 99–114.
6. Bhargava D, Bhardwaj N (2010) Effect of sodium fluoride on seed germination and seedling growth of *Triticum aestivum* VAR. RAJ. 4083. *J Phytol* 2(4):41–43
7. Chakrabarti S, Patra PK, Mandal B, Mahato D (2012) Effect of sodium fluoride on germination, seedling growth and biochemistry of bengal gram (*Cicer arietinum*). *Fluoride* 45(3/2):257–262
8. Datta JK, Maitra A, Mondal NK, Banerjee A (2012) Studies on the impact of fluoride toxicity on germination and seedling growth of gram seed (*Cicer arietinum* L. cv. Anuradha). *J Stress Physiol Biochem* 8(1):194–202
9. Telesiński A, Siwczyk F, Zakrzewska H (2012) An attempt to determination of the 50% phytotoxicity threshold for different fluoride concentrations affecting the

spring wheat (*Triticum aestivum* L.) and white mustard (*Sinapis alba* L.) seedlings. *Fluoride* 45(3/1):213–214

10. Pal CK, Mondal KN, Bhaumik R, Banerjee A, Datta KJ (2012) Incorporation of fluoride in vegetation and associated biochemical changes due to fluoride contamination in water and soil: a comparative field study. *Ann Environ Sci* 6:123–139

11. Giraldo, P.; Barzana, M.E.B.; Manzano-Agugliaro, F.; Giménez, E. Worldwide Research Trends on Wheat and Barley: A Bibliometric Comparative Analysis. *Agronomy* 2019, 9, 352.

12. Винявська Г.Ф. Аналіз природних і техногенно – екологічних ризиків при споживанні та кондиціюванні вод із підвищеним вмістом фтору. *Вісник ЛДУ БЖД №5*, 2011, - 64 с

13. Ліщук А.М. Особливості розподілу фтору в різних типах ґрунтів України // *Матеріали VII міжнародної науково-практичної конференції "Наука і освіта '2004"*. Том 68. – Дніпропетровськ, 2004, -68 с

14. Ліщук А.М. Вміст фтору у ґрунті і рослинах при застосуванні нового виду добрива агрофоски // *Зб. матеріалів III міжвузівської науково-практичної конференції аспірантів "Сучасна аграрна наука: напрями досліджень, стан і перспективи"*. – Вінниця, 2003, 124 с

15. Choudhary, S.; Rani, M.; Devika, O.S.; Patra, A.; Singh, R.K.; Prasad, S.K.; Devika. Impact of fluoride on agriculture: A review on it's sources, toxicity in plants and mitigation strategies. *Int. J. Chem. Stud.* 2019, 7, 1675–1680.

16. Montagnolli, R.N.; Lopes, P.R.M.; Cruz, J.M.; Claro, E.M.T.; Quiterio, G.M.; Bidoia, E.D. The effects of fluoride based fire-fighting foams on soil microbiota activity and plant growth during natural attenuation of perfluorinated compounds. *Environ. Toxicol. Pharmacol.* 2017, 50, 119–127.

- 17 Ліщук А.М. Вміст фтору в різних типах ґрунтів при застосуванні мінеральних добрив // Матеріали науково-практичної конф. молодих вчених "Стабілізація землекористування та сучасні агротехнології". – Київ-Чабани, 2003, - 64 с
18. Baunthiyal, M.; Ranghar, S. Physiological and biochemical responses of plants under fluoride stress: An overview. *Fluoride* 2014, 47, 287–293.c
19. Більчук В. С., Шупранова Л. В. Видові особливості змін активності та ізоферментного складу пероксидази рослин родини Складноцвітих за несприятливих умов середовища. *Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Екологія.* 2008, - 97 с.
20. Фотосинтез. Методичний посібник з виконання лабораторних робіт та самостійної роботи / Ю. Г. Приседський. – Вінниця: ДонНУ, 2016. – 68 с.
21. Ретьман С. В. Фітосанітарний стан зернових колосових /. Ретьман С. В., Довгань С. В. // Карантин і захист рослин. – 2010, – 126 с.
22. Трибель С.О., Гетьман М. В., Стригун О. О. Методологія оцінювання стійкості сортів пшениці проти шкідників і збудників хвороб / за ред. Трибеля С. О. – К. : Колобіг, 2010. – 392 с.
23. Максимович В. О. Зернові колосові культури. Технологія вирощування та захисту., 2012. -65с.
24. Воронков М.Ф., Гопцій Т.І., Проскурнін М.В., Булах О.О. Селекція і насінництво польових культур. Методичні вказівки до виконання курсової роботи, для студентів агрономічного факультету спеціальності „Агрономія”. Харків – 2008. – 18 с.
25. Молоцький М. Я., Васильківський С. П., Князюк В. І., Власенко В. А. Селекція і насінництво сільськогосподарських рослин: Підручник. – К: Вища освіта, 2006.

26. Лихочвор В.В., Петриченко В.Ф. Рослинництво. (Сучасні інтенсивні технології вирощування основних польових культур. – Львів: НВФ “Українські технології”, 2006.

27. Каталог вихідного матеріалу зернових, зернобобових культур та соняшнику для селекції на стійкість до основних хвороб і шкідників в умовах Лісостепу України / за ред. В. П. Петренкової, В. К. Рябчуна. – Х. : Магда LTD, 2006. – 92 с.

28.. Кириченко В. В, Петренкова В. П., Черняєва І. М. Основи селекції польових культур на стійкість до шкідливих організмів – Х., 2012. – 319 с.

29. Сорти рослин, придатні для поширення в Україні в 2011 р.: каталог / за ред. Хаджиматов В.А. – К.: Алефа, 2011. – 477 с