



Міністерство освіти та науки України
Державний Біотехнологічний
Університет

Т.В. Гавриш, Л.М. Пузік, О.М. Шаніна,
І.М. Фоміна, Н.О. Боровікова

БЕЗПЕКА ПРОДУКЦІЇ ЗЕРНОПЕРЕРОБНИХ
ВИРОБНИЦТВ ТА ЗЕРНОВИХ РЕСУРСІВ

Навчальний посібник
для студентів напряму підготовки 181 «Харчові технології»
другого рівня вищої освіти (магістр)
освітня програма «Технологія зернопродуктів та зернові
ресурси»

Харків
2025

УДК 664.7:633.1]:006.015]](075.8)

Б 40

Схвалено Вченою радою
Державного біотехнологічного університету
Протокол № 6 від 07.03.2025 р.

Р е ц е н з е н т и:

Ю.В. Камбулова, доктор техн. наук, професор, кафедри технології хлібопекарських і кондитерських виробів Національного університету харчових технологій

В.В. Бредихін, доктор техн. наук, декан факультету мехатроніки та інжинірингу, професор кафедри надійності та міцності машин і споруд імені В.Я. Аніловича Державного біотехнологічного університету

Т.В. Гавриш

Безпека продукції зернопереробних виробництв та зернових ресурсів: навчальний посібник / Т.В. Гавриш, Л.М. Пузік, О.М. Шаніна, І.М. Фоміна, Н.О. Боровікова; Держ. Біотехн. Університет. – Харків, 2025. – 195 с.

© Гавриш Т.В.,
Пузік Л.М., О.М. Шаніна,
І.М. Фоміна, Н.О. Боровікова
укладачі, 2025
© Державний
біотехнологічний
університет, 2025

ЗМІСТ

Вступ.....	4
Розділ 1. Контамінанти хімічної природи.....	5
Тема 1. Нормативи екологічної безпеки зерна.....	5
Тема 2. Забруднення зернової та зернобобової продукції важкими металами та пестицидами.....	18
Тема 3. Екологічна оцінка зернової та зернобобової продукції за вмістом нітратів.....	36
Розділ 2. Контамінанти біологічної природи.....	46
Тема 4. Ураження зерна зернобобових культур сапрофітними та фітопатогенними мікроорганізмами.....	46
Тема 5. Мікотоксини, антибіотики, гормональні препарати в зерні, крупах, борошні, комбікормах.....	126
Тема 6. Генетично модифіковані організми в зернових культурах: вплив на харчовий ланцюг та проблеми безпеки.....	143
Тема 7. Екологічна оцінка зернової та зернобобової продукції за вмістом радіонуклідів.....	155
Тема 8. Зернове господарство, як основа продовольчої безпеки України.....	168
Глосарій.....	177
Тестові завдання.....	181

ВСТУП

Зернопереробна промисловість займає важливе місце в агропромисловому комплексі будь-якої країни, зокрема в Україні, яка є одним із провідних виробників і експортерів зерна в світі. Виробництво зернових культур є ключовим елементом продовольчої безпеки, тому що зерно є основною сировиною для виготовлення хлібобулочних виробів, круп, кормів для тварин, а також сировиною для біопалив і кормових добавок. Якість зерна та продуктів його переробки безпосередньо впливає на здоров'я населення і економічну стабільність країни.

Дисципліна «Безпека продукції зернопереробних виробництв» охоплює основи безпечного виробництва, обробки, зберігання та транспортування зернових культур і продуктів їх переробки. Вона включає в себе теоретичні та практичні знання щодо виявлення та управління ризиками, пов'язаними з якістю зерна, а також збереженням здоров'я населення від можливих небезпек, які можуть виникнути на етапах переробки зерна.

Згідно з вимогами сучасної агропромисловості, зернопереробні підприємства повинні дотримуватись високих стандартів безпеки, контролюючи кожен етап виробництва — від вирощування зерна до виготовлення кінцевого продукту, що включає в себе впровадження сучасних технологій, використання екологічно чистих засобів захисту рослин, забезпечення безпечного зберігання зерна та його обробки, а також контроль за відповідністю всіх продуктів харчування міжнародним та національним стандартам.

Одним з основних завдань дисципліни є вивчення заходів, що забезпечують безпеку при виробництві зернопереробної продукції. Зокрема, це: інспекція та сертифікація сировини, застосування ефективних методів боротьби з шкідниками і хворобами, дотримання вимог збереження якості зерна, контроль за станом обладнання та виробничих приміщень, а також нормативно-правова база для організації безпечних умов праці.

Особлива увага приділяється управлінню ризиками, пов'язаними з потенційно небезпечними умовами на кожному етапі зернопереробного процесу, від агрономічних аспектів до фінальних етапів обробки та пакування продукції. Навчання в межах цієї дисципліни дозволяє майбутнім фахівцям оволодіти необхідними знаннями та навичками для розв'язання задач, що постають перед зернопереробними підприємствами, та забезпечити належний рівень безпеки для кінцевих споживачів.

Завдяки сучасним науковим дослідженням та розвитку інноваційних технологій, Україна має всі можливості для підвищення конкурентоспроможності своєї зернопереробної промисловості на світовому ринку, забезпечуючи стабільне постачання безпечної та якісної продукції.

РОЗДІЛ 1. КОНТАМІНАНТИ ХІМІЧНОЇ ПРИРОДИ

ТЕМА 1

НОРМАТИВИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ЗЕРНА

План:

- 1.1. Нормативи екологічної безпеки зерна в Україні.
- 1.2. Нормативи екологічної безпеки зерна в ЄС та США
- 1.3. Безпека продукції зернопереробних виробництв та зернових ресурсів

1.1. Нормативи екологічної безпеки зерна в Україні

Екологічна безпека зерна визначається комплексом нормативів, які регламентують вміст токсичних речовин, мікотоксинів, радіонуклідів, пестицидів, а також допустимі рівні забруднення. Ці нормативи є обов'язковими для забезпечення якості зерна як сировини та продукту харчування.

Основними документами, які регулюють екологічну безпеку зерна в Україні, є:

- ✓ ДСТУ 3768:2010 – визначає допустимі рівні забруднення зерна.
- ✓ ДСанПіН 8.8.1.2.3.4-000–2001 – регламентує санітарні норми.
- ✓ МБТ № 5061-89 – містить вимоги до безпечності зернової продукції.

Ключовими параметрами безпечності зерна є:

Токсичні елементи:

- ✓ свинець (Pb) – до 0,5 мг/кг.
- ✓ кадмій (Cd) – до 0,1 мг/кг.
- ✓ ртуть (Hg) – до 0,03 мг/кг.
- ✓ мідь (Cu) – до 10 мг/кг.
- ✓ цинк (Zn) – до 50 мг/кг.

Мікотоксини:

- ✓ афлатоксин В1 – до 0,005 мг/кг.
- ✓ Зеараленон – до 1 мг/кг.

- ✓ Т-2 токсин – до 0,1 мг/кг.
- ✓ Дезоксиніваленол – до 0,5 мг/кг.

Радіонукліди:

- ✓ стронцій-90 – до 50 Бк/кг.
- ✓ цезій-137 – до 20 Бк/кг.

Пестициди – наявність понад 253 препаратів контролюється згідно з ДСанПіН.

Зараженість шкідниками – допускається лише в межах норм, які не знижують якість продукції.

Національні нормативи є ширшими за європейські за переліком показників, однак менш жорсткі в окремих параметрах, наприклад:

- ✓ вміст свинцю в Україні допускається в 2,5 рази більше, ніж у Codex Alimentarius.
- ✓ міжнародні норми детальніше регламентують радіонукліди, включаючи 23 ізотопи.

Нормативи екологічної безпеки зерна в Україні

Параметр	Норматив/Граничне значення	Джерело нормативу
Нітрати	Не більше 50 мг/кг	ДСанПіН 8.8.1.2.3.4-000-2001
Нітрити	Не більше 3 мг/кг	ДСанПіН 8.8.1.2.3.4-000-2001
Пестициди (окремі групи)	Залежно від типу пестициду, від 0,01 до 0,1 мг/кг	ДСанПіН 8.8.1.2.3.4-000-2001
Свинець	Не більше 0,2 мг/кг	ДСТУ 3768:2019
Кадмій	Не більше 0,1 мг/кг	ДСТУ 3768:2019
Мідь	Не більше 10 мг/кг	ДСТУ 3768:2019
Цинк	Не більше 50 мг/кг	ДСТУ 3768:2019

Радіонукліди (цезій-137)	Не більше 370 Бк/кг	ДСанПіН 8.8.1.2.3.4-000-2001
Радіонукліди (стронцій-90)	Не більше 100 Бк/кг	ДСанПіН 8.8.1.2.3.4-000-2001
Мікотоксини (афлатоксин В1)	Не більше 0,005 мг/кг	ДСТУ 3768:2019
Мікотоксини (охратоксин А)	Не більше 0,005 мг/кг	ДСТУ 3768:2019
ГМО	Наявність обов'язкового маркування, якщо > 0,9% ГМО	Закон України "Про ГМО"

1.2. Нормативи екологічної безпеки зерна в ЄС та США

Основним регулятором у ЄС є стандарти **Codex Alimentarius**, які забезпечують інтеграцію у глобальну систему торгівлі продовольством. Основні вимоги:

Токсичні метали:

- ✓ свинець (Pb) – до 0,2 мг/кг.
- ✓ кадмій (Cd) – до 0,2 мг/кг.

Мікотоксини:

- ✓ афлатоксин В1 – до 0,002 мг/кг.
- ✓ сума афлатоксинів (В1, В2, G1, G2) – до 0,004 мг/кг.
- ✓ дезоксиніваленол – до 1,25 мг/кг для м'якої пшениці.

Радіонукліди:

- ✓ Стронцій-90 – до 100 Бк/кг.
- ✓ Цезій-137 – до 1000 Бк/кг.

У Сполучених Штатах зерно регламентується Агентством з контролю за продуктами та ліками (FDA) та Агентством з охорони навколишнього середовища

(ЕРА). Основні критерії:

- ❖ токсичні метали – подібні до норм ЄС.
- ❖ мікотоксини:
 - ✓ афлатоксин В1: до 0,02 мг/кг для кормового зерна.
 - ✓ дезоксиніваленол: до 1 мг/кг.
- ❖ радіонукліди – нормативи базуються на рекомендаціях ЕРА, однак мають високий рівень допустимих значень.

У Європейському Союзі (ЄС) забруднення зерна важкими металами, пестицидами, мікотоксинами та радіонуклідами регулюється безліччю регламентів ЄС, основними з яких є Регламент (ЄС) 1881/2006 і Регламент (ЄС) 1829/2003 для ГМО.

Нормативи екологічної безпеки зерна в ЄС та США

Параметр	Європейський Союз (ЄС)	США	Джерело нормативу
Нітрати	Не більше 50 мг/кг	Не більше 20 мг/кг	Регламент (ЄС) 1881/2006
Нітрити	Не більше 3 мг/кг	Не більше 0,2 мг/кг	Регламент (ЄС) 1881/2006
Пестициди (загальні)	Залежно від виду пестициду, загальні обмеження до 0,01 мг/кг	Залежно від виду пестициду, максимуми визначені по кожному пестициду	Європейська Комісія (ЄС) / FDA
Свинець	Не більше 0,2 мг/кг	Не більше 0,1 мг/кг	Регламент (ЄС) 1881/2006
Кадмій	Не більше 0,1 мг/кг	Не більше 0,05 мг/кг	Регламент (ЄС) 1881/2006 / FDA

Мідь	Не більше 10 мг/кг	Не більше 40 мг/кг	Регламент (ЄС) 1881/2006
Цинк	Не більше 50 мг/кг	Не більше 100 мг/кг	Регламент (ЄС) 1881/2006
Радіонукліди (цезій-137)	Не більше 370 Бк/кг	Не визначено (звичайно, не повинно перевищувати природний фон)	Регламент (ЄС) 3954/87
Радіонукліди (стронцій- 90)	Не більше 100 Бк/кг	Не визначено	Регламент (ЄС) 3954/87
Мікотоксини (афлатоксин В1)	Не більше 0,005 мг/кг	Не більше 0,02 мг/кг	Регламент (ЄС) 1881/2006 / FDA
Мікотоксини (охратоксин А)	Не більше 0,005 мг/кг	Не більше 0,03 мг/кг	Регламент (ЄС) 1881/2006 / FDA
ГМО	Наявність обов'язкового маркування при вмісті більше 0,9%	Не більше 0,9%	Регламент (ЄС) 1829/2003 / FDA

Порівняння нормативів

Показник	Україна (ДСТУ 3768:2010)	ЄС (Codex Alimentarius)	США (FDA, EPA)
Свинець (Pb), мг/кг	0,5	0,2	0,2
Кадмій (Cd), мг/кг	0,1	0,2	0,2
Афлатоксин В1,	0,005	0,002	0,02

Показник	Україна (ДСТУ 3768:2010)	ЄС (Codex Alimentarius)	США (FDA, EPA)
мг/кг			
Стронцій-90, Бк/кг	50	100	100
Цезій-137, Бк/кг	20	1000	1000

В Україні встановлені значно більш чіткі обмеження щодо вмісту токсичних елементів у зернових культурах, ніж в Європейському Союзі. Наприклад, максимальний вміст свинцю в зернових культурах України перевищує європейські норми в два з половиною рази. Що стосується кадмію, то українські норми для пшениці є більш жорсткими, в той час як для ячменю та кукурудзи вони співпадають з європейськими стандартами.

Крім того, в Україні проводиться детальніший аналіз зерна на наявність додаткових токсичних елементів, таких як миш'як, ртуть, мідь і цинк. Це не практикується в Європейському Союзі чи в інших країнах світу. Європейські нормативні документи не розрізняють норми для продовольчого та технічного зерна, а також для зерна, призначеного для кормів, як це робиться в Україні.

Стандартизація та експорт зерна

Стандарти якості зерна, що існують в Україні, часто не відповідають міжнародним вимогам, що створює перепони для експорту. Одним із основних недоліків є невідповідність українських стандартів якості пшениці міжнародним вимогам за такими показниками, як натура, вміст білка, домішки, сила борошна тощо. Імпортери мають труднощі з розумінням системи класифікації зерна, що застосовується в Україні.

З метою покращення експортних можливостей країни, було введено новий стандарт на зерно, але, незважаючи на це, українська пшениця за кордоном часто

вважається продуктом другого сорту. Наприклад, згідно з європейськими стандартами, для зерна першого сорту допустимий вміст зернової домішки не має перевищувати 2%, в той час як в Україні для першого сорту цей показник може досягати 5%. Це є однією з причин, чому українське зерно не відповідає міжнародним вимогам, що обмежує його експорт.

Нормативи екологічної безпеки зерна в ЄС та США

Європейське законодавство з питань безпеки харчових продуктів і продовольчої сировини, в тому числі зерна, є дуже вимогливим. Воно базується на принципах, спрямованих на забезпечення безпеки продуктів харчування та їх відповідності міжнародним стандартам. Зокрема, ЄС встановлює максимально допустимі рівні забруднювачів (пестицидів, важких металів, мікотоксинів тощо) для продуктів харчування, що містять зерно. Усі ці норми спрямовані на захист здоров'я споживачів і забезпечення високого рівня екологічної безпеки.

Одним із основних нормативних актів ЄС є Регламент № 1881/2006, що регулює максимально допустимі рівні забруднюючих речовин у харчових продуктах, включаючи зерно. Це дає змогу уникнути небезпечного впливу токсичних елементів на здоров'я людини та тварин. У ЄС визначені конкретні норми для таких забруднювачів, як кадмій, свинець, ртуть, а також миш'як і деякі інші.

Безпека та якість зерна в ЄС

Європейський Союз чітко відмежовує поняття безпеки та якості харчових продуктів. Безпека регулюється на законодавчому рівні, і за порушення норм передбачена відповідальність. Якість продукції, в свою чергу, контролюється за допомогою стандартів управління якістю на рівні виробника, що дозволяє зберігати високу конкурентоспроможність на внутрішньому та міжнародному ринках.

ЄС здійснює контроль за виконанням вимог на всіх етапах виробництва і обігу харчових продуктів та кормів для тварин, що дає змогу забезпечити високий рівень захисту здоров'я громадян. Крім того, країни-члени ЄС мають відповідні

органи для контролю якості харчових продуктів, а також система офіційного контролю, що перевіряє дотримання встановлених норм.

Висновки та рекомендації

1. Україна має оновлювати свої нормативи відповідно до міжнародних стандартів для полегшення експорту продукції та забезпечення конкурентоспроможності.
2. Гармонізація стандартів з Codex Alimentarius сприятиме інтеграції у світову продовольчу систему.
3. Потрібне впровадження більш жорсткого контролю за мікотоксинами, пестицидами та радіонуклідами.
4. Для сталого розвитку аграрного сектору необхідно підтримувати якість зерна через сучасні методи сертифікації та моніторингу.

1.3 Безпека продукції зернопереробних виробництв та зернових ресурсів

Безпека харчових продуктів — це стан, за якого продукти не завдають шкоди здоров'ю людини при їхньому споживанні. Це стосується як гострих негативних наслідків (харчові отруєння, інфекції), так і віддалених ефектів, таких як канцерогенна, мутагенна та тератогенна дія.

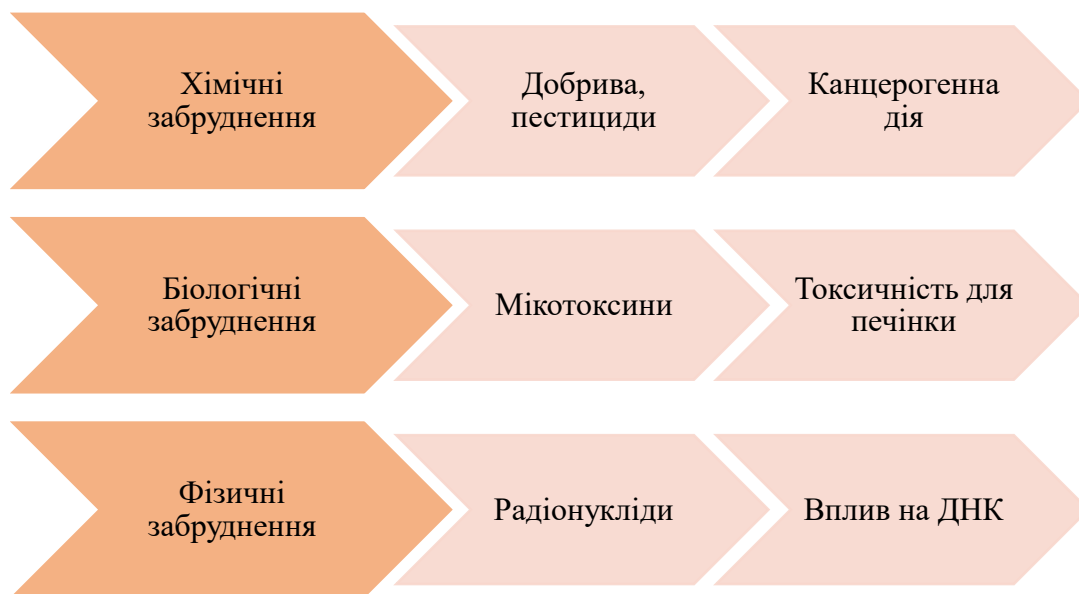
Основні загрози безпеці



Класифікація забруднюючих речовин продовольчої сировини

Тип забруднення	Джерело	Приклади
Хімічні забруднення	Пестициди, добрива, важкі метали, консерванти	Свинець, нітрати, нітрити
Біологічні забруднення	Пліснява, патогенні бактерії	Мікотоксини (афлатоксини)
Фізичні забруднення	Радіонукліди, механічні частинки	Цезій-137, стронцій-90
Забруднення упаковки	Міграція хімічних сполук із пакувальних матеріалів	Фталати, компоненти пластику
Технологічні вторинні продукти	Термічна обробка, тривале зберігання	Продукти реакції Майяра, токсичні альдегіди

Схема класифікації забруднюючих речовин



Токсичні речовини, що потрапляють в організм людини через їжу, воду чи повітря, можуть викликати широкий спектр негативних ефектів. Їхній вплив залежить від природи речовини, дози, тривалості впливу та індивідуальних особливостей організму. Токсичні речовини можуть порушувати функції органів, викликати інтоксикації, пошкоджувати клітини та тканини, а також призводити до розвитку гострих або хронічних захворювань.

Токсичність речовин класифікують за впливом: **Стратегії забезпечення безпеки**

- ❖ гостра токсичність – швидкий прояв негативних ефектів.
- ❖ хронічна токсичність – накопичення речовин, кумуляція ефектів.
- ❖ канцерогенна дія – спричинення розвитку злоякісних пухлин.

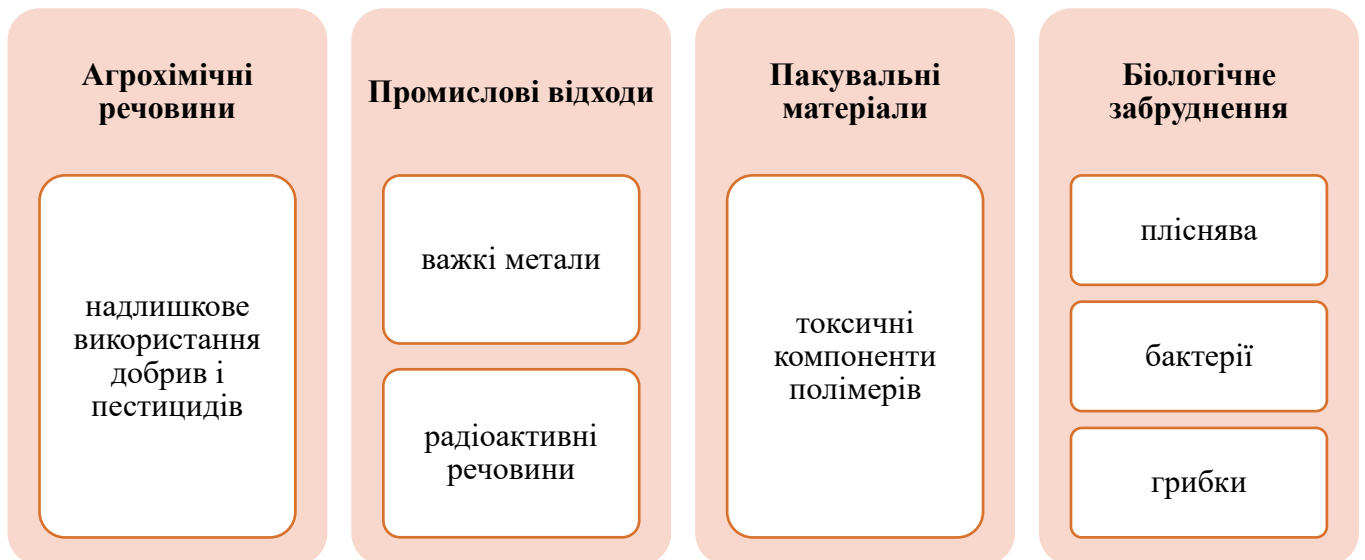


Параметр токсичності	Опис
LD50	Летальна доза, що спричиняє смерть 50% дослідних тварин
T0.5	Час напіввиведення токсину з організму

Забруднення навколишнього середовища є одним із найсерйозніших викликів сучасного суспільства. Різні джерела забруднень спричиняють негативний вплив на екосистеми, здоров'я людей та загальний стан планети. Забруднення може бути хімічного, фізичного, біологічного та радіаційного характеру, причому їх вплив варіюється за масштабами та тривалістю дії.

Джерела забруднень

Джерело	Приклад речовини	Можливий ефект
Промисловість	Свинець, кадмій	Неврологічні порушення
Сільське господарство	Нітрати, пестициди	Ризик раку
Пакувальні матеріали	Бісфенол А	Гормональні розлади
Зберігання та транспортування	Мікотоксини	Пошкодження печінки



Профілактика забруднення та контроль якості харчових продуктів є ключовими складовими для забезпечення безпеки здоров'я людей та збереження довкілля. Використання сучасних методів і технологій дозволяє знизити рівень забруднення та запобігти потраплянню шкідливих речовин у харчові продукти.

Ефективна профілактика забруднень передбачає обмеження використання агрохімікатів, таких як пестициди та добрива, шляхом дотримання нормативів і застосування екологічних альтернатив. У харчовій промисловості важливо впроваджувати технології очищення зернових продуктів для видалення залишків пестицидів та мікотоксинів. Також значну роль відіграє забезпечення безпечного пакування продуктів: використання матеріалів, які не виділяють токсичних речовин і відповідають стандартам якості.

Контрольні заходи включають моніторинг харчових продуктів, що дозволяє виявляти токсичні речовини, такі як важкі метали, мікотоксини та залишкові пестициди. Сертифікація продуктів гарантує їх відповідність встановленим стандартам безпеки, забезпечуючи споживачів впевненістю у якості товарів. Тестування харчових продуктів на різні типи забруднень є обов'язковим етапом у ланцюжку забезпечення якості.

Для споживачів важливо обирати продукцію, яка має відповідну сертифікацію, дотримуватись правил зберігання зернових продуктів і уникати споживання товарів із пошкодженою упаковкою.

Питання для самоконтролю

1. Які основні документи регулюють екологічну безпеку зерна в Україні?
2. Перелічіть ключові параметри екологічної безпеки зерна відповідно до ДСТУ 3768:2010.
3. Як регламентується допустимий рівень афлатоксину В1 у зерні в Україні, ЄС та США?
4. Чим українські норми екологічної безпеки зерна відрізняються від європейських та американських за показниками вмісту свинцю та кадмію?
5. Які нормативи радіонуклідів для зерна встановлені в Україні, ЄС та США, і які з них є найжорсткішими?
6. Як впливає невідповідність українських стандартів зерна міжнародним вимогам на експортну спроможність країни?
7. Що є основною відмінністю між поняттями "безпека" і "якість" зерна в контексті нормативів ЄС?
8. Які основні ризики для здоров'я людей та навколишнього середовища пов'язані із забрудненням зернової продукції токсичними речовинами?
9. Чи достатньо суворі стандарти контролю якості зернової та зернобобової продукції в Україні порівняно з іншими країнами?

Література

1. ДСТУ 3768:2019. Пшениця. Технічні умови. Київ: ДП "УкрНДНЦ", 2019. – 20 с.
2. Ковальова Н. І. Гармонізація вітчизняних стандартів якості зернової продукції із міжнародними нормами // Науковий вісник Херсонського державного аграрного університету. – 2020. – №3. – С. 134–140.
3. Codex Alimentarius. Codex Standard 193-1995. General Standard for Contaminants and Toxins in Food and Feed. Rome: FAO/WHO, 2019. – 45 p.

4. ДСанПіН 8.8.1.2.3.4-000–2001. Допустимі рівні вмісту пестицидів у сільськогосподарській продукції. Київ: Міністерство охорони здоров'я України, 2001. – 120 с.
5. Мороз О. М. Регулювання екологічної безпеки агропромислової продукції в умовах євроінтеграції // Економіка АПК. – 2021. – №8. – С. 85–93.

ТЕМА 2

ЗАБРУДНЕННЯ ЗЕРНОВОЇ ТА ЗЕРНОБОБОВОЇ ПРОДУКЦІЇ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ ТА ПЕСТИЦИДАМИ

План:

- 2.1. Безпечність зернової та зернобобової продукції за вмістом важких металів
- 2.2. Безпечність зернової та зернобобової продукції за вмістом залишків пестицидів
- 2.3. Гігієнічна характеристика важких металів

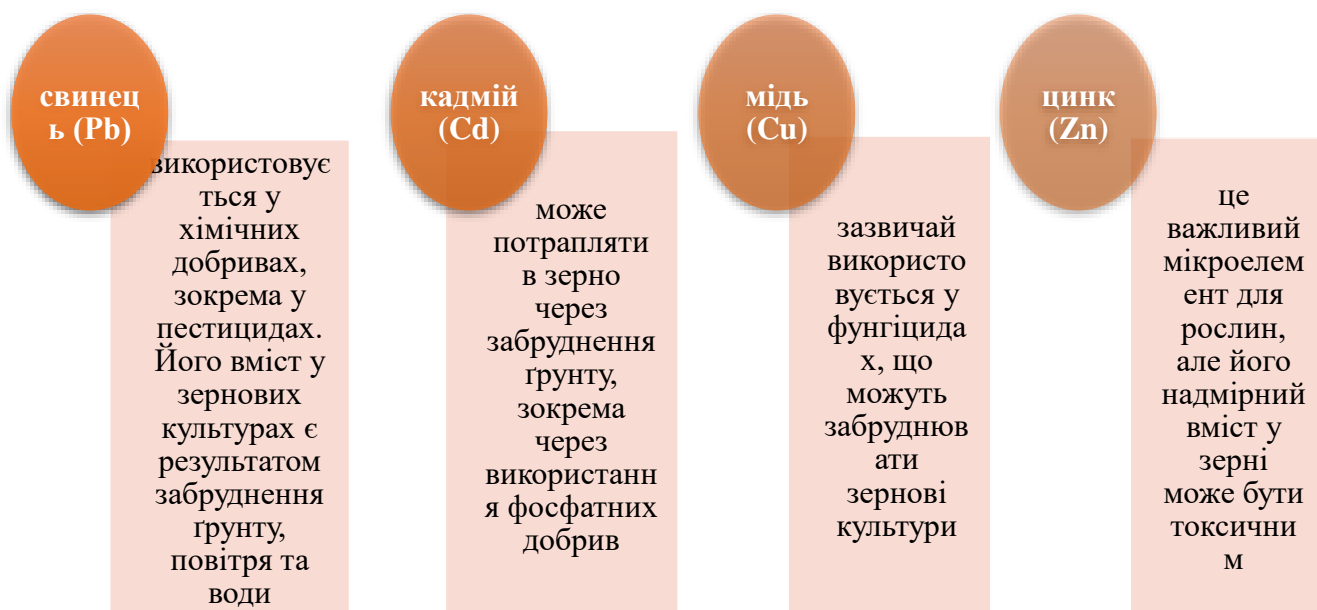
2.1. Безпечність зернової та зернобобової продукції за вмістом важких металів

Зерно та насіння різних культур мають значну харчову та економічну цінність завдяки своїм поживним властивостям. Однак важливою проблемою є забруднення зернової та зернобобової продукції важкими металами, які можуть потрапляти до продуктів харчування і тваринництва через ґрунт, повітря, водні ресурси, а також через застосування хімічних добрив і пестицидів.

Інтенсифікація землеробства призводить до збільшення вмісту важких металів, таких як свинець (Pb), кадмій (Cd), мідь (Cu) та цинк (Zn) у зерні та насінні. Ці метали мають токсичні властивості, що можуть негативно впливати на здоров'я людини і тварин, потрапляючи в харчовий ланцюг.

Види важких металів у зернових культурах

Свинець і кадмій є токсичними навіть у малих концентраціях, і їхнє потрапляння в зернові ресурси найчастіше пов'язане із промисловим забрудненням та використанням певних добрив і пестицидів. Мідь та цинк є необхідними для росту рослин у малих кількостях, але їхні надлишки, пов'язані з промисловими викидами або надмірним використанням добрив, можуть спричинити токсичність. Основним шляхом забруднення є промислові викиди, атмосферні осадки та неправильне використання агрохімікатів.



Порівняльний аналіз шляхів потрапляння свинцю, кадмію, міді та цинку у зернові ресурси

Елемент	Джерела потрапляння	Основні шляхи забруднення	Вплив на рослини
Свинець (Pb)	<ul style="list-style-type: none"> - промислові викиди (металургія, хімічні заводи). - використання пестицидів, що містять свинець. - транспортні викиди (вихлопні гази). 	<ul style="list-style-type: none"> - забруднення ґрунтів через атмосферні осадки та промислові стоки. - зрошення забрудненою водою. - осідання свинцю на рослинах. 	<ul style="list-style-type: none"> - знижує продуктивність рослин. - може накопичуватись у насінні, підвищуючи ризики для здоров'я людини.
Кадмій (Cd)	<ul style="list-style-type: none"> - металургійна промисловість. - використання фосфатних добрив. - транспортні викиди. 	<ul style="list-style-type: none"> - внесення фосфатних добрив із високим вмістом кадмію. - забруднення ґрунтів та води через промислові стоки. 	<ul style="list-style-type: none"> - токсичний для рослин навіть у малих концентраціях. - накопичується у зерні, особливо у рисі.
Мідь (Cu)	<ul style="list-style-type: none"> - металургія та добувна 	<ul style="list-style-type: none"> - застосування мідних фунгіцидів. 	<ul style="list-style-type: none"> - у невеликих кількостях необхідна

	промисловість. - використання мідних фунгіцидів у сільському господарстві.	- забруднення ґрунту через промислові викиди. - використання пестицидів.	для росту рослин. - у високих концентраціях може бути токсичною.
Цинк (Zn)	- викиди цинку при виробництві сталі. - використання цинкових добрив. - забруднення через видобуток і переробку металів.	- застосування цинкових добрив. - забруднення ґрунту через промислові викиди та стоки.	- важливий мікроелемент для рослин. - у великих кількостях може призвести до токсичності.

Гранично допустимі концентрації (ГДК) важких металів у зерновій продукції

Згідно з українськими стандартами (ДСТУ), встановлені наступні гранично допустимі концентрації важких металів у зернових культурах:

- ✓ свинець (Pb) – 0,5 мг/кг для пшениці озимої, ячменю ярого, кукурудзи, соняшнику, гороху, гречки та сої. Для дитячого харчування цей показник знижується до 0,3 мг/кг.
- ✓ кадмій (Cd) – 0,1 мг/кг для всіх польових культур. Для дитячого харчування цей показник знижується до 0,03 мг/кг.
- ✓ мідь (Cu) – 10 мг/кг для всіх культур.
- ✓ цинк (Zn) – 50,0 мг/кг для всіх культур.

На прикладі зерна, вирощеного в умовах інтенсивної хімізації землеробства, було встановлено фактичний вміст важких металів у різних культурах, де:

- ✓ свинцева концентрація в зерні пшениці озимої становила 1,03 мг/кг, що перевищує ГДК у 2,1 рази.

- ✓ вміст кадмію у зерні пшениці озимої був 0,04 мг/кг, що у 2,5 рази менше ГДК.
- ✓ мідь в зерні пшениці озимої становила 17,44 мг/кг, що у 1,7 рази більше за ГДК.
- ✓ цинк у зерні пшениці озимої складав 26,50 мг/кг, що менше за ГДК в 1,9 рази.

Дані результати показують, що зернові культури, які вирощуються за інтенсивною технологією, можуть перевищувати допустимі норми важких металів, що підвищує ризик для здоров'я людей і тварин.

Різні культури за однакових умов вирощування можуть накопичувати важкі метали в різних кількостях. Наприклад, вміст свинцю в зерні пшениці та ячменю може значно відрізнитися в залежності від фізіологічних процесів поглинання металів рослинами. Для деяких культур, таких як соняшник та ріпак, типово вищий рівень накопичення певних металів, зокрема кадмію та міді.

Вологість зерна та її вплив на вміст важких металів

Зміна вологості зерна під час зберігання та обробки також впливає на вміст важких металів.

Залежність накопичення важких металів від вологості:

- ✓ адсорбція металів – при підвищеній вологості зерно має більшу схильність до адсорбції іонів важких металів з навколишнього середовища через більшу кількість води, що взаємодіє з металами.
- ✓ розчинність металів – вища вологість сприяє збільшенню розчинності важких металів, що може призводити до їх більшої міграції всередині зернової маси.
- ✓ розвиток мікроорганізмів – вологе зерно є сприятливим середовищем для розвитку мікроорганізмів, які можуть впливати на біодоступність та накопичення важких металів у зерні.

Вплив вологості на вміст важких металів

Фактор	Вплив на важкі метали
Висока вологість зерна	<ul style="list-style-type: none"> - збільшує ймовірність корозії металевих поверхонь, що контактують із зерном (наприклад, зберігання у металевих контейнерах), що може призводити до підвищення вмісту важких металів у зерні. - створює сприятливі умови для розвитку мікроорганізмів, що можуть сприяти вивільненню металів з ґрунту та навколишнього середовища у зернову масу. - сприяє мобілізації та міграції іонів важких металів, що може призвести до їх нерівномірного розподілу в зерновій масі.
Низька вологість зерна	<ul style="list-style-type: none"> - зменшує ризик корозії металевих поверхонь і, відповідно, знижує імовірність потрапляння важких металів із зовнішніх джерел. - знижує активність мікроорганізмів, що може уповільнити процеси, пов'язані з вивільненням металів.
Процеси сушіння зерна	<ul style="list-style-type: none"> - при неправильному режимі сушіння можливе термічне пошкодження зерна, що може призвести до концентрації важких металів у залишках або зовнішніх оболонках зерна. - підвищення температури може прискорювати хімічні реакції, включаючи розкладання органічних речовин, які можуть вивільняти зв'язані метали.

Наприклад, під час висушування зерна кукурудзи виводиться значна кількість свинцю, що може знижувати його концентрацію в кінцевому продукті. Водночас, деякі метали, такі як кадмій, мідь та цинк, можуть накопичуватися в зерні навіть при зниженій вологості.

Вплив на екологічну безпеку продукції

Інтенсивне використання хімічних добрив та пестицидів підвищує ризик накопичення важких металів у зерновій та зернобобовій продукції. Визначення коефіцієнта накопичення важких металів дозволяє оцінити ступінь забруднення зерна і насіння. Наприклад, коефіцієнт накопичення свинцю у зерні ячменю ярого в умовах інтенсивної хімізації становив 52,5, що свідчить про високий рівень накопичення цього металу в зернових культурах.

Загалом, забруднення зернових і зернобобових культур важкими металами є серйозною проблемою для сільського господарства і здоров'я населення, і потребує постійного моніторингу та контролю.

Джерела забруднення та основні фактори впливу

Забруднення зерна важкими металами є наслідком комплексної дії різних джерел забруднення та факторів впливу. Контроль цих факторів є необхідним для зниження ризику накопичення важких металів у зернових ресурсах.

Джерела забруднення зерна важкими металами	Основні фактори впливу на рівень забруднення зерна важкими металами
<p>Атмосферні опади:</p> <ul style="list-style-type: none">• забруднення зерна може відбуватися через атмосферні опади, які містять важкі метали, такі як свинець, кадмій, мідь і цинк, що може бути наслідком промислових викидів, спалювання палива, металургійного виробництва та транспорту. <p>Ґрунт:</p> <ul style="list-style-type: none">• важкі метали можуть потрапляти у зерно через забруднений ґрунт, що є результатом застосування	<p>Тип ґрунту:</p> <ul style="list-style-type: none">• ґрунти з низьким вмістом органічної речовини або кислі ґрунти мають підвищену здатність до мобілізації важких металів, що може призводити до їх поглинання зерновими культурами. <p>Кліматичні умови:</p> <ul style="list-style-type: none">• вологість і температура впливають на міграцію та накопичення важких металів у

<p>пестицидів, гербіцидів, мінеральних добрив, а також викидів промислових підприємств.</p> <p>Техніка та обладнання:</p> <ul style="list-style-type: none"> • використання техніки для збору та обробки зерна (наприклад, металеві сушарки, транспортні засоби) може сприяти забрудненню зерна важкими металами, особливо якщо обладнання виготовлене з корозійно нестійких матеріалів. <p>Зберігання та транспорт:</p> <ul style="list-style-type: none"> • під час зберігання і транспортування зерно може контактувати з металевими поверхнями, які, під впливом вологості, можуть сприяти перенесенню важких металів у зерно. <p>Індустріальні та сільськогосподарські стоки:</p> <ul style="list-style-type: none"> • промислові і сільськогосподарські стоки можуть потрапляти у водойми, які використовуються для зрошення полів, що може призводити до накопичення важких металів у рослинах і, відповідно, в зерні. 	<p>зерні. Підвищена вологість може сприяти розчинності і міграції металів, що посилює забруднення.</p> <p>Використання агрохімікатів:</p> <ul style="list-style-type: none"> • інтенсивне використання пестицидів і добрив може збільшити концентрацію важких металів у ґрунті, а отже, і в зерні. <p>Промислові викиди:</p> <ul style="list-style-type: none"> • розташування сільськогосподарських угідь поблизу промислових зон може призводити до осідання важких металів на поверхню зернових культур. <p>Система обробки ґрунту:</p> <ul style="list-style-type: none"> • глибина оранки, рівень зрошення та інші методи обробки ґрунту впливають на перенесення важких металів із ґрунту до зернових культур.
---	--

1. Вміст важких металів у ґрунті є первинним фактором, який визначає їх накопичення у зерні та насінні.

2. Інтенсивність переходу важких металів з ґрунту у рослини залежить від виду культури, типу ґрунту, агрохімічних умов та технологій обробки.

Основний індикатор — коефіцієнт накопичення важких металів, який розраховується як відношення вмісту металу у зерні до його вмісту в ґрунті. Чим нижчий цей коефіцієнт, тим менше металів мігрує з ґрунту до рослини.

Коефіцієнт накопичення важких металів у різних культурах

Метал	Культура	Коефіцієнт накопичення	Різниця з максимальним (%)
Свинець	ярий ячмінь	52,5	-
	насіння соняшнику	22,5	-57,1%
	ріпак	41,2	-21,4%
	кукурудза	41,7	-20,6%
	озима пшениця	51,4	-2,0%
Кадмій	насіння соняшнику	17,5	-
	кукурудза	1,0	-93,1%
Мідь	озима пшениця	174,4	-
	кукурудза	9,5	-94,6%
Цинк	ярий ячмінь	27,6	-
	ріпак	10,6	-61,6%

Різні культури накопичують метали з різною інтенсивністю. Наприклад, кукурудза і соняшник характеризуються найменшими коефіцієнтами накопичення для більшості металів.

2.2. Безпечність зернової та зернобобової продукції за вмістом залишків пестицидів

Зернові та зернобобові культури є основними компонентами раціону людей і кормової бази для тварин. Їх безпечність є важливим аспектом продовольчої безпеки та здоров'я населення. Проте інтенсивне використання пестицидів у сільському господарстві призводить до ризику накопичення їх залишків у продукції, що викликає занепокоєння через можливі токсикологічні наслідки.

Пестициди – це хімічні речовини, які використовуються для боротьби зі шкідниками, хворобами рослин та бур'янами.

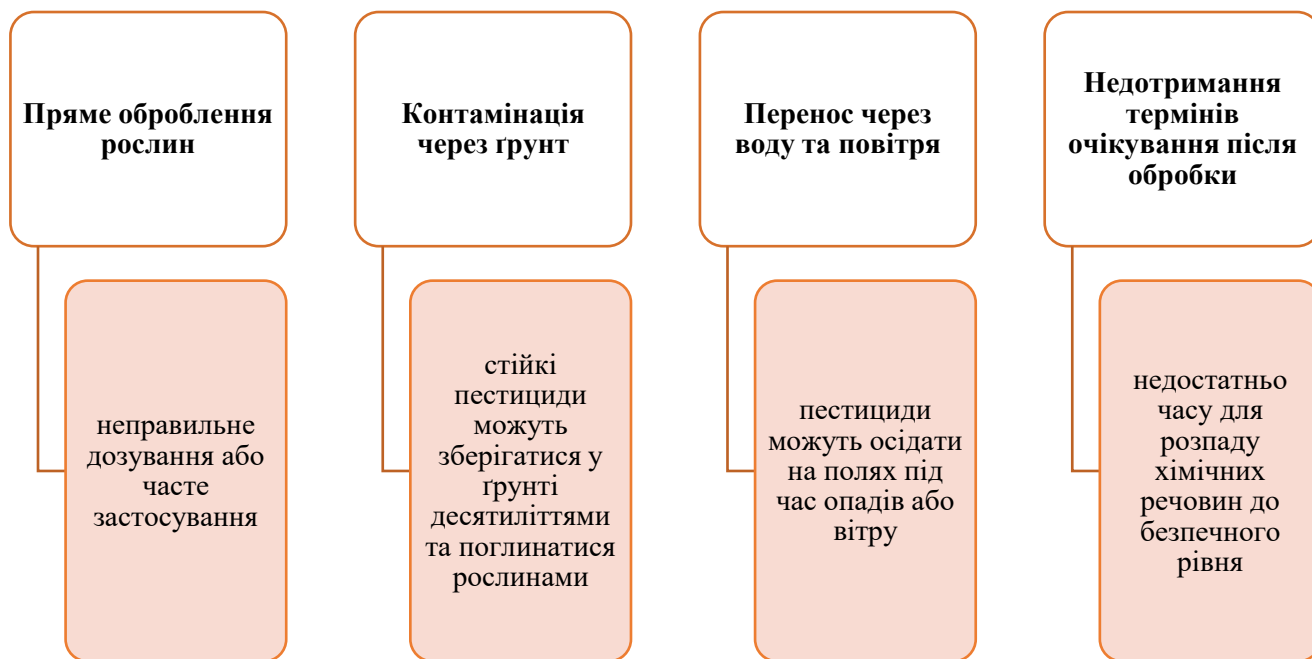
Основні види інсектицидів



У контексті зернових та зернобобових культур, найбільш часто застосовуються інсектициди та гербіциди. Їх залишки у продукції становлять ризик для здоров'я через:

- ✓ кумулятивний ефект
- ✓ можливі мутагенні, канцерогенні та токсикологічні наслідки
- ✓ вплив на гормональну та імунну системи

Джерела залишків пестицидів у зернових та зернобобових культурах



Методи контролю залишків пестицидів у зерновій продукції

1. Суворий державний контроль:

- ✓ встановлення *гранично допустимих рівнів* (ГДР) для різних видів пестицидів.
- ✓ перевірка зразків продукції на відповідність стандартам.

2. Екологічний моніторинг:

- ✓ оцінка стану ґрунтів, води, повітря.
- ✓ розробка карт розсіювання пестицидів у регіонах.

3. Використання сучасних аналітичних методів:

- ✓ хроматографія, мас-спектрометрія для визначення залишків у продукції.

4. Впровадження органічного землеробства:

- ✓ відмова від синтетичних пестицидів.
- ✓ застосування біологічних методів боротьби зі шкідниками.

Зменшення залишків пестицидів у продукції

1. Агротехнічні заходи:

- ✓ сівозміна для зниження накопичення пестицидів у ґрунті.
- ✓ вибір стійких сортів зернових.

2. Обробка продукції після збирання:

- ✓ промивання, очищення, термічна обробка.

3. Правильне використання хімікатів:

- ✓ дотримання дозування та термінів застосування.
- ✓ використання менш токсичних препаратів.

4. Розробка альтернатив:

- ✓ використання природних інсектицидів (наприклад, піретрини).
- ✓ біологічні препарати на основі бактерій та грибів.

Міжнародні підходи до забезпечення безпечності зернової продукції

Міжнародні підходи до забезпечення безпечності зернової продукції ґрунтуються на регуляторних стандартах, системах управління якістю, а також постійному моніторингу й тестуванні. Виконання цих заходів дозволяє знижувати ризики забруднення зерна та забезпечувати його безпечність для споживачів.

1. Регуляторні стандарти та норми

1.1. Кодекс Аліментаріус (Codex Alimentarius) – це організація спільної ініціативи Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН (FAO) і Всесвітньої організації охорони здоров'я (WHO).

Призначення: Кодекс Аліментаріус встановлює міжнародні стандарти для харчових продуктів, включаючи зернові, що охоплюють обмеження щодо вмісту шкідливих речовин, таких як пестициди, мікотоксини, важкі метали, а також інші контамінації.

Приклади: Встановлення максимальних допустимих рівнів (МДР) для пестицидів і мікотоксинів (наприклад, афлатоксинів) у зернових культурах.

1.2. Європейський Союз (EU)

ЄС має суворі стандарти щодо безпечності харчових продуктів, включаючи регламент 396/2005 про максимальні рівні пестицидів у харчових продуктах та регламент 1881/2006 щодо максимальних рівнів забруднюючих речовин.

Кожна країна-член ЄС зобов'язана впроваджувати відповідні заходи для контролю за дотриманням цих стандартів.

1.3. Адміністрація з контролю за продуктами і ліками США (FDA)

У США FDA встановлює стандарти щодо вмісту пестицидів, мікотоксинів, важких металів та інших забруднювачів у зерні.

Впроваджуються регулярні перевірки та тестування продукції на відповідність стандартам.

2. Системи контролю якості та управління ризиками

2.1. НАССР (Аналіз небезпек та критичні точки контролю)

НАССР є системним підходом до ідентифікації, оцінки та контролю небезпек у харчовому ланцюгу, що включає всі етапи від виробництва до транспортування і зберігання зернової продукції.

Дана система є основою для багатьох національних регуляторних систем та обов'язкова для експортерів зерна.

2.2. ISO 22000

Цей міжнародний стандарт забезпечує інтеграцію принципів HACCP з системами управління якістю для забезпечення безпечності харчових продуктів, включаючи зернову продукцію.

3. Моніторинг і тестування

3.1. Мікробіологічний контроль

Регулярні тести на наявність мікроорганізмів, таких як патогенні бактерії, грибки та мікотоксини, є обов'язковими для зернових культур, що експортуються або продаються на внутрішньому ринку.

3.2. Хімічний контроль

Включає перевірку залишків пестицидів, важких металів (наприклад, свинець, кадмій) і токсичних елементів у зерні.

4. Управління ланцюгом постачання

Забезпечення простежуваності зерна на всіх етапах виробництва, транспортування і зберігання, що дозволяє швидко ідентифікувати джерела забруднення і вживати відповідні заходи для усунення ризиків.

5. Навчання та підготовка персоналу

Різні міжнародні та національні організації пропонують навчальні програми для фермерів, працівників зернових складів, а також працівників переробних підприємств для забезпечення дотримання стандартів безпечності зернової продукції.

Кодекс Аліментаріус (Codex Alimentarius)

Розроблений FAO та ВООЗ для встановлення міжнародних стандартів безпечності харчових продуктів

Програми моніторингу

В ЄС діє система RAPEX для швидкого виявлення та вилучення небезпечної продукції

Сертифікація органічної продукції

Зростаюча популярність органічних зернових зводить до мінімуму ризик забруднення пестицидами

2.3. Гігієнічна характеристика важких металів

Важкі метали є одними з найнебезпечніших забруднювачів довкілля, які через ланцюги живлення потрапляють у харчові продукти, а потім до організму людини. Їх токсичність залежить від хімічної форми, концентрації, тривалості дії та особливостей організму. Розглянемо особливості впливу важких металів — ртуті, кадмію, свинцю, миш'яку та алюмінію.

Ртуть – у харчових продуктах може існувати у трьох формах:

- ✓ атомарна (Hg);
- ✓ окислена (Hg²⁺);
- ✓ алкілртуть (з'єднання з алкільними групами).

Основні особливості ртуті:

- ✓ найвища токсичність притаманна метилртуті (з'єднання ртуті з короткими алкільними ланцюгами).
- ✓ метилртуть накопичується в організмах, особливо у водних екосистемах.

Механізм дії ртуті:

- ✓ взаємодія з SH-групами білків, що призводить до інактивації ферментів.
- ✓ ураження центральної нервової системи (акумуляція ртуті в мозку).
- ✓ порушення обміну кальцію, селену, цинку, вітамінів С і Е.

Гранично допустимі концентрації (ГДК):

- ✓ у повітрі — 0,0003 мг/м³.
- ✓ у воді — 0,0005 мг/л.
- ✓ у крові безпечний рівень — 50–100 мкг/л.

Кадмій – є одним з найбільш небезпечних токсикантів, що має тривалий період напіввиведення (до 25 років).

Джерела кадмію в довкіллі:

- ✓ промислові відходи та стічні води.
- ✓ атмосферні осадки, мінеральні та органічні добрива.

Особливості накопичення:

- ✓ у ґрунті кадмій міцно зв'язується з гумусом, що ускладнює його детоксикацію.
- ✓ з ґрунту він потрапляє в рослини, особливо бобові культури.

Механізм токсичності:

- ✓ порушує обмін заліза, кальцію, цинку, селену.
- ✓ сприяє накопиченню в нирках, печінці та кісткових тканинах.

Прояви отруєння:

- ✓ гострі симптоми: ниркова недостатність, кісткові болі, остеомаліяція (хвороба "итай-итай").
- ✓ хронічні наслідки: анемія, нейротоксичність, зниження імунітету.

Дози та ГДК:

- ✓ смертельна доза — 30–40 мг.
- ✓ ГДК у питній воді — 0,005 мг/л.

Свинець – поширений токсичний елемент, що накопичується в організмі і завдає значної шкоди здоров'ю.

Джерела надходження:

- ✓ харчові продукти (консервовані в жерстяних банках з припоями).
- ✓ промислові викиди, використання тетраетилсвинцю в бензині.

Механізм дії свинцю:

- ✓ взаємодія зі SH-групами білків, що блокує ферменти.
- ✓ утворення нерозчинних сполук у клітинах, які порушують проникність мембран.

Прояви отруєння:

- ✓ ураження нервової системи, анемія, головний біль, паралічі.
- ✓ у дітей можливий вплив на розвиток мозку (розумова відсталість).

Дози та ГДК:

- ✓ у воді — 0,05 мг/л.
- ✓ добова доза — 0,007 мг/кг маси тіла.

Миш'як міститься у довкіллі в невеликих концентраціях, але деякі його сполуки є вкрай токсичними.

Джерела:

- ✓ промислові підприємства (міделиварні заводи, електростанції).
- ✓ використання в інсектицидах, барвниках.

Механізм токсичності:

- ✓ блокування SH-груп білків та ферментів, порушення клітинного метаболізму.
- ✓ викликає гострі та хронічні отруєння, аж до летальних наслідків.

Дози та ГДК:

- ✓ добова доза — 0,05 мг/кг маси тіла.
- ✓ смертельна доза — 30 мг.

Алюміній раніше вважався нетоксичним, однак сучасні дослідження довели його шкідливість.

Джерела:

- ✓ алюмінієвий посуд, обробка води алюмінієвими сполуками.
- ✓ харчові продукти (чай, де концентрація алюмінію може досягати 20 мг/г).

Механізм дії:

- ✓ взаємодія з кальцієм, магнієм, фосфором, що викликає порушення метаболізму.
- ✓ може спричинити крихкість кісток, анемію, порушення пам'яті та мови.

Гігієнічна характеристика важких металів

Метал	Джерела забруднення	Гранично допустимі концентрації (ГДК) в атмосфері (мг/м ³)	ГДК в воді (мг/л)	ГДК у ґрунті (мг/кг)	Вплив на здоров'я
Свинець (Pb)	Викиди автотранспорту, промисловість, вугілля, батареї	0,0003 мг/м ³	0,0005 мг/л	10-20 мг/кг	Токсичний для нервової системи, може викликати інтоксикацію, порушення функцій

					нирок, розвиток анемії.
Кадмій (Cd)	Викиди металургійної промисловості, використання пестицидів	0,0001 мкг/м ³	0,005 мг/л	0,5-2 мг/кг	Канцерогенний, токсичний для нирок, порушує функції серцево-судинної та нервової системи, може призводити до остеопорозу.
Мідь (Cu)	Промислові викиди, добрива, пестициди	0,01 мкг/м ³	1,0 мг/л	20-50 мг/кг	Токсичний у великих кількостях, може викликати подразнення шкіри, порушення травної системи, ураження печінки.
Цинк (Zn)	Промисловість, викиди автотранспорту, зношення металів	1,0 мкг/м ³	5,0 мг/л	100-200 мг/кг	Викликає порушення травлення, інтоксикацію при великих концентраціях, впливає на імунну систему.
Нікель (Ni)	Викиди металургії, обробка нікелевих сплавів, спалювання вугілля	0,02 мкг/м ³	0,02 мг/л	50-100 мг/кг	Токсичний, може викликати алергічні реакції, порушення функцій печінки та нирок, є канцерогеном.
Ртуть (Hg)	Викиди хімічної промисловості, спалювання вугілля, використання термометрів і батарей	0,0003 мкг/м ³	0,00002 мг/л	0,5-1,0 мг/кг	Токсична, впливає на нервову систему, може спричинити інтоксикацію, вражати органи дихання, нирки і печінку.

Питання для самоконтролю

1. Які ризики для здоров'я людини та тварин несе споживання зернової продукції з залишками пестицидів?
2. Наскільки ефективними є сучасні методи моніторингу залишків пестицидів у зернових культурах?

3. Чи можливо повністю перейти до органічного вирощування зернових без втрати врожайності?
4. Які регуляторні заходи мають бути впроваджені для зменшення забруднення пестицидами у країнах, що розвиваються?
5. Як цифрові технології можуть допомогти у зменшенні використання пестицидів у сільському господарстві?
6. Які метали належать до радіоактивних матеріалів?
7. Безпечність зернової та зернобобової продукції за вмістом важких металів

Література

1. Державна комісія з питань безпеки харчових продуктів. Методичні рекомендації щодо встановлення залишків пестицидів у продуктах рослинного походження. Київ: Державний центр стандартизації, 2020. С. 23-45.
2. Кондратьєв О.І., Бойко В.В. Пестициди: хімія, безпека, контроль. Харків: Основа, 2019. С. 55-78, 112-135.
3. Codex Alimentarius Commission. Guidelines for Residues of Pesticides in Food. Rome: FAO/WHO, 2021. Pages 12-50.
4. Pimentel, D., & Burgess, M. "Environmental and Economic Costs of the Application of Pesticides Primarily in the United States." *Environmental Development and Sustainability*, 2018, Vol. 20(2), pp. 325-347.
5. European Food Safety Authority (EFSA). Annual Report on Pesticide Residues in Food. Parma: EFSA Publications, 2022. Pages 3-36.
6. Richter, E. D., & Chlamtac, N. "Bio-monitoring of pesticide exposure in humans and its implications for public health." *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 2020, Vol. 223(1), pp. 20-35.
7. Мартинюк О.С., Ковальчук Л.О. Агрохімія і безпека продукції рослинництва. Київ: Наукова думка, 2018. С. 97-125.
8. Gilden, R. C., Huffling, K., & Sattler, B. "Pesticides and health risks: A review." *Journal of Obstetrics, Gynecology, and Neonatal Nursing*, 2019, Vol. 48(1), pp. 50-59.

ТЕМА 3

ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ЗЕРНОВОЇ ТА ЗЕРНОБОБОВОЇ ПРОДУКЦІЇ ЗА ВМІСТОМ НІТРАТІВ

План:

- 3.1. Забруднення нітратами та нітритами
- 3.2. Екологічна оцінка зернової та зернобобової продукції за вмістом нітратів
- 3.3. Гігієнічна характеристика нітратів

1.3.1. Забруднення нітратами та нітритами

Нітрати – це солі азотної кислоти (NO_3^-), які природно присутні в навколишньому середовищі.

Нітрити (NO_2^-) утворюються внаслідок перетворення нітратів, наприклад, при нагріванні, ферментації або під впливом мікроорганізмів.

Ці сполуки потрапляють у рослини з ґрунту, зокрема, через використання мінеральних добрив.

Джерела забруднення зернової продукції нітратами та нітритами

Мінеральні добрива	<ul style="list-style-type: none">• Надмірне використання азотних добрив призводить до їх накопичення в рослинах
Ґрунт	<ul style="list-style-type: none">• Рівень нітратів залежить від типу ґрунту, його кислотності та зволоження
Екологічні умови	<ul style="list-style-type: none">• Низька освітленість та висока вологість сприяють накопиченню нітратів

Основними джерелами забруднення зернової продукції нітратами та нітритами є надмірне використання азотних добрив, забруднені водні джерела, природні ґрунтові процеси, атмосферні осадки, органічні добрива, промислові

викиди та неправильні умови зберігання. Ефективне управління цими джерелами, зокрема контроль за використанням добрив та моніторинг якості води й повітря, є важливим для зменшення рівня забруднення зернових культур нітратами та нітритами.

Інформація про джерела забруднення зернової продукції нітратами та нітритами, а також механізми їхнього проникнення в зерно

Джерело забруднення	Опис	Механізм забруднення
Надмірне використання азотних добрив	Надлишкове внесення азотних добрив для підвищення врожайності.	Накопичення нітратів у тканинах зерна, що перетворюються на нітрити під час зберігання або обробки.
Забруднення води для зрошення	Використання води, забрудненої нітратами та нітритами, для зрошення полів.	Поглинання нітратів кореневою системою рослин і накопичення їх у зернових культурах.
Природні процеси в ґрунті	Нітрифікація та денітрифікація в ґрунті.	Накопичення нітратів у ґрунті, що потім поглинаються рослинами.
Атмосферні джерела	Осідання окисів азоту з атмосфери через дощі.	Перетворення окисів азоту в нітрати, які проникають у ґрунт і рослини.
Органічні добрива і компости	Неправильно дозовані органічні добрива з високим вмістом азоту.	Перетворення азотних сполук на нітрати під впливом мікроорганізмів у ґрунті.
Забруднення від промислових	Викиди промислових підприємств і	Осадження окисів азоту на ґрунт, що потім засвоюються зерновими культурами.

підприємств і транспорту	і транспортних засобів, що містять окиси азоту.	
Зберігання та переробка зерна	Неправильні умови зберігання (висока вологість, температура).	Хімічні реакції, що перетворюють нітрати на нітрити в зерні.

У зернових культурах (пшениця, ячмінь, кукурудза) рівень нітратів зазвичай нижчий, ніж у овочах, проте при надмірному внесенні добрив їхній вміст може перевищувати допустимі норми.

У зернобобових культурах (горох, соя) ризик накопичення нітратів теж зростає при дисбалансі добрив.

Приклади концентрацій нітратів у продуктах зернових культур

Культура	Природний вміст нітратів, мг/кг	Вміст нітратів при надмірному добриві, мг/кг
Пшениця	до 30	100–150
Кукурудза	20–50	до 200
Горох	40–80	-

Наслідки для здоров'я людини при надмірному споживанні нітратів та нітритів:

- ✓ призведе до утворення *нітрозамінів*, які мають канцерогенні властивості.
- ✓ викликає *метгемоглобінемію* – захворювання, при якому кисень погано переноситься кров'ю.

Схема 1. Шлях нітратів у рослини та продукцію

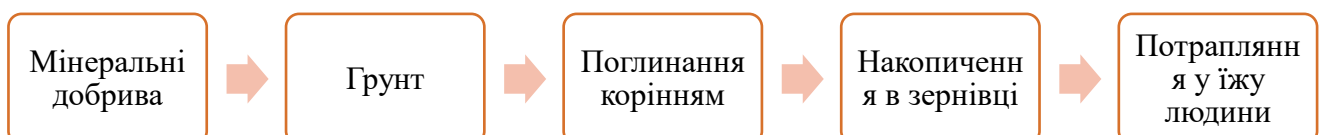


Схема 2. Фактори, що впливають на рівень нітратів у зернових культурах



Шляхи зменшення забруднення зернових культур нітратами є:

- ✓ збалансоване внесення азотних добрив з урахуванням потреб культури.
- ✓ контроль якості ґрунту та моніторинг вмісту нітратів у воді.
- ✓ впровадження екологічно чистих агротехнологій.

3.4. Екологічна оцінка зернової та зернобобової продукції за вмістом нітратів

Екологічна оцінка зернової та зернобобової продукції передбачає визначення:

- ❖ рівня вмісту нітратів у продукції;
- ❖ відповідності концентрацій встановленим гранично допустимим рівням (ГДР);
- ❖ екологічних наслідків впливу агротехнологій на якість продукції та довкілля.

Різні зернові та зернобобові культури мають різну здатність до накопичення нітратів, що пов'язано з їхньою фізіологією та особливостями росту.

Зернові культури, такі як пшениця і кукурудза, мають менший ризик накопичення нітратів, ніж овочеві культури, що пояснюється їхньою помірною здатністю до засвоєння азоту і більш стабільними умовами росту. У звичайних умовах вміст нітратів у зернових зазвичай не перевищує допустимих рівнів.

Зернобобові культури, такі як горох і соя, мають середній рівень накопичення нітратів, що пов'язано з їхньою здатністю засвоювати азот не лише з ґрунту, але й завдяки симбіозу з азотфіксуючими бактеріями, що утворюють бульбочки на коренях. Водночас неправильне використання добрив може значно підвищити рівень нітратів у зернобобових культурах.

Аналіз вмісту нітратів у зерновій сировині

Культура	Природний рівень нітратів, мг/кг	Максимально допустимий рівень (ГДР), мг/кг	Особливості
Пшениця	20–30	60	Накопичує мало, якщо добрива вносяться раціонально
Кукурудза	20–50	100	Вразлива до надмірного зволоження та перевнесення добривами
Горох	40–80	100	При неправильному азотному удобренні може значно перевищувати ГДР
Соя	50–70	90	Сприяє збагаченню ґрунту азотом, але при надлишку добрив підвищує вміст нітратів

Підвищений рівень нітратів у зернових і зернобобових культурах негативно впливає на їхній хімічний склад. Зокрема, це порушує баланс амінокислот, що призводить до зниження загальної поживної цінності продукції. Зернопродукти з високим вмістом нітратів містять менше засвоюваного білка, що важливо як для харчових продуктів, так і для комбікормів.

Нітрати активізують ферментативні процеси в зерні, зокрема окислювальні реакції, які сприяють псуванню продукції, що знижує стійкість до впливу мікроорганізмів під час зберігання та спричиняє появу неприємних запахів і зміни

кольору. Продукція, забруднена нітратами, має значно коротший термін зберігання, що особливо критично для круп і комбікормів.

Зернові та зернобобові культури з високим вмістом нітратів часто мають гіркуватий або специфічний присмак, що ускладнює використання такої сировини у виробництві харчових продуктів і впливає на їх споживчу привабливість. Для комбікормів це також створює проблеми, оскільки знижує поїдання корму тваринами.

Методи екологічної оцінки нітратного забруднення

Метод	Опис	Переваги	Обмеження
Хімічні методи	Реакція з дифеніламіном для оцінки вмісту нітратів у пробах.	Простота, доступність.	Обмежена точність, придатний лише для первинної оцінки.
Спектрофотометрія	Метод базується на поглинанні світла розчином проби в певному спектрі хвиль.	Висока точність, можливість виявлення мінімальних концентрацій нітратів.	Дороговартісне обладнання, потребує кваліфікованих спеціалістів.
Тестування ґрунту та продукції	Регулярний контроль рівня нітратів у ґрунті та готовій продукції	Дозволяє передбачити ризик забруднення продукції	Може потребувати значних витрат часу та ресурсів
Оцінка технологій внесення добрив	Аналіз норм, строків та методів внесення добрив для відповідності екологічним стандартам	Сприяє зменшенню ризиків накопичення нітратів у ґрунті	Залежить від компетентності агрономів

Вплив нітратів на якість зернопродуктів:

- ❖ для борошна високий рівень нітратів у сировині впливає на білковий склад, знижуючи якість борошна, його здатність до ферментації, погіршує смак і запах
- ❖ для круп нітрати змінюють текстуру продукту при приготуванні, можуть спричиняти гіркуватий смак і знижувати терміни придатності
- ❖ для комбікормів нітрати, спожиті тваринами, можуть накопичуватися в м'ясі, молоці чи яйцях, створюючи ризики для здоров'я людини.

3.3. Гігієнічна характеристика нітратів

Надмірна концентрація нітратів у продуктах харчування та воді може становити серйозну загрозу для здоров'я людини.

Основними джерелами нітратів для людини є:

- ❖ продукти харчування такі як овочі, фрукти, зернові та зернобобові культури, а також продукція їхньої переробки.
- ❖ питна вода з підвищеним вмістом нітратів, особливо у регіонах з інтенсивним використанням азотних добрив.
- ❖ м'ясо та молочні продукти – через накопичення нітратів у тварин, що вживали корм із забрудненого зерна.

Гігієнічна характеристика нітратів

Характеристика	Нітрат амонію (NH ₄ NO ₃)	Нітрат натрію (NaNO ₃)	Нітрат калію (KNO ₃)	Нітрат кальцію (Ca(NO ₃) ₂)
Джерела забруднення	добрива, харчові продукти, побічні продукти розкладу органічних речовин	харчові продукти, добрива, промисловість	застосування добрив, сільське господарство	використання добрив, промислові процеси
ГДК в воді (мг/л)	50 (для загального вмісту нітратів у питній воді)	50 (для загального вмісту нітратів у питній воді)	50 (для загального вмісту нітратів у питній воді)	50 (для загального вмісту нітратів у питній воді)

ГДК в ґрунті (мг/кг)	100-150 (для загального вмісту)	100-150 (для загального вмісту)	100-150 (для загального вмісту)	100-150 (для загального вмісту)
Токсичність для людини	висока токсичність при надмірному вживанні. може спричиняти метгемоглобінемію у немовлят.	висока токсичність при надмірному вживанні. може спричиняти метгемоглобінемію у немовлят.	висока токсичність при надмірному вживанні. може спричиняти метгемоглобінемію у немовлят.	висока токсичність при надмірному вживанні. може спричиняти метгемоглобінемію у немовлят.
Вплив на здоров'я	призводить до метгемоглобінемії (синя дитяча хвороба), токсичний вплив на органи дихання та травлення.	токсичний вплив на органи дихання, може викликати метгемоглобінемію, подразнює шкіру.	призводить до метгемоглобінемії, токсичний вплив на органи дихання.	може викликати метгемоглобінемію, токсичний вплив на органи дихання та серцево-судинну систему.
Вплив на екосистему	висока розчинність у воді, може призвести до евтрофікації водних екосистем.	збільшує концентрацію азоту у воді, сприяє росту водоростей та евтрофікації.	аналогічно іншим нітратам, може сприяти евтрофікації водних екосистем.	високий рівень забруднення може спричинити зміну біологічної рівноваги у водних екосистемах.
Використання в сільському господарстві	використовується як добриво для прискорення росту рослин.	використовується як добриво для забезпечення поживних елементів для рослин.	використовується для внесення в ґрунт, покращує ріст та якість врожаю.	застосовується як добриво для покращення врожайності рослин.

Вплив нітратів та нітритів на здоров'я людини

Утворення нітритів і нітрозамінів	Метгемоглобінемія	Токсична дія на печінку та нервову систему
<ul style="list-style-type: none">У шлунково-кишковому тракті нітрати можуть відновлюватися до нітритів, які є більш токсичними. Нітрити взаємодіють із амінами, утворюючи нітрозаміни — сполуки з вираженими канцерогенними властивостями	<ul style="list-style-type: none">Нітрити зв'язуються з гемоглобіном у крові, утворюючи метгемоглобін, що знижує здатність крові переносити кисень. У дорослих це може викликати гіпоксію, а у немовлят — "синдром синьої дитини", який є особливо небезпечним	<ul style="list-style-type: none">Довготривале вживання продуктів із високим вмістом нітратів пов'язане з ризиком розвитку захворювань печінки, серцево-судинної та нервової систем

Для забезпечення безпеки харчових продуктів та води встановлено гранично допустимі рівні (ГДР) вмісту нітратів:

- ✓ у питній воді: до 50 мг/л.
- ✓ у зернових і зернобобових культурах: до 30–100 мг/кг (залежно від культури).
- ✓ у овочах: до 250–4000 мг/кг (залежно від виду).



Питання для самоконтролю

1. Які агротехнологічні методи є найбільш ефективними для зменшення рівня нітратів у зернових та зернобобових культурах?
2. Як використання органічних добрив впливає на вміст нітратів у сільськогосподарських культурах порівняно з мінеральними добривами?
3. Яка роль симбіозу зернобобових культур з азотфіксуючими бактеріями у зменшенні ризику накопичення нітратів?
4. Яким чином підвищена концентрація нітратів у зернових та зернобобових культурах може вплинути на продовольчу безпеку?
5. Яким чином можна підвищити свідомість серед фермерів щодо важливості контролю за рівнем нітратів у сільськогосподарських продуктах?
6. Як сучасні методи екологічної оцінки можуть бути адаптовані до різних регіональних умов для контролю нітратного забруднення?
7. Які новітні наукові підходи можуть бути застосовані для зниження рівня нітратів у зернових і зернобобових культурах без втрат у врожаї?

Література

1. Гур'єва, Л. М., & Бондаренко, В. В. (2014). *Екологія і гігієна сільськогосподарських продуктів*. Київ: Наукова думка, 258 с.
2. Куликів, С. П., & Олійник, І. І. (2017). *Агрохімія та екологія ґрунтів*. Київ: Урожай, 319 с.
3. Павленко, В. П. (2016). *Екологічна безпека аграрного виробництва*. Харків: ХНАУ, 195 с.
4. Медведєва, О. В., & Захарова, О. В. (2018). *Технології зниження нітратного забруднення сільськогосподарських культур*. Луцьк: Вежа, 145 с.
5. Bai, X., & Li, Q. (2019). The effect of nitrogen fertilization on nitrate accumulation in agricultural products. *Agricultural Environmental Research Journal*, 15(3), 45–67.
6. Food and Agriculture Organization (FAO). (2019). *Environmental health criteria for nitrate and nitrite*. FAO/WHO.

РОЗДІЛ 2. КОНТАМІНАНТИ БІОЛОГІЧНОЇ ПРИРОДИ

ТЕМА 4

УРАЖЕННЯ ЗЕРНА ЗЕРНОБОБОВИХ КУЛЬТУР САПРОФІТНИМИ ТА ФІТОПАТОГЕННИМИ МІКРООРГАНІЗМАМИ

План:

- 4.1. Ураження зернобобових культур фузаріозом, сажкою, ріжками, пліснявою
- 4.2. Вплив фузаріозу на цінність зерна
- 4.3. Способи виявлення фузаріозу в зернопродуктах

4.1. Ураження зернобобових культур фузаріозом, сажкою, ріжками, пліснявою

Свій життєвий цикл рослина починає з моменту проростання насіння в ґрунті. Отже, ґрунт є початковим джерелом проникнення мікроорганізмів на поверхню рослин, а потім і в зерно.

Ґрунти, особливо родючі, містять достатню кількість органічних і мінеральних речовин, вологи і повітря і є сприятливим середовищем для розвитку всіх видів мікроорганізмів – грибів, бактерій і актиноміцетів.



Мікроорганізми ризосфери

Наприклад, ризосфера коренів пшениці, кукурудзи, соняшнику, сої та інших сільськогосподарських культур містить мікроорганізмів у 5-10 разів більше, ніж у решті ґрунту.

Склад ґрунтової мікрофлори неоднорідний і мінливий. Це залежить від типу ґрунту, способів його обробки, добрив, кліматичних умов, погоди та багатьох

інших факторів. Особливо багатий на мікроорганізми шар ґрунту, який прилягає до «ризосфери» коренів рослин.

У ризосфері рослин у великих кількостях зустрічаються неспороутворюючі паличкоподібні бактерії роду *Pseudomonas*. У меншій кількості зустрічаються різні молочнокислі, маслянокислі, гнильні бактерії.

До гнильних бактерій відносяться: *Bacillus mycoides*, *Bacillus mesentericus*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus megatherium* (спороутворюючі палички).

Представниками грибів є: *Penicillium*, *Fusarium Botrytis*, *Trichoderma* та ін. Часто зустрічаються деякі види дріжджів і різні актиноміцети.

Перераховані вище групи мікроорганізмів в основному ведуть сапрофітний спосіб життя. Але крім сапрофітів у ризосфері рослин можуть бути різні фітопаразити – збудники хвороб рослин.

У процесі вегетації частина мікроорганізмів, що знаходяться біля кореня, поступово переміщується в надземні органи рослин і продовжує на них розвиток.

Спочатку мікроорганізми локалізуються на стеблах, листках, квітках, а потім у міру розвитку рослини мікроорганізми переходять на зав'язь і дозріваючі зерна в колос, колос і т. д. Мікроорганізми частково переносяться на поверхню рослин вітром, пилом, опадами, комахами.

Через брак поживних речовин на поверхні рослин може розвиватися досить обмежена кількість специфічних видів мікроорганізмів, головним чином бактерій.

Епіфітні мікроорганізми – це мікроорганізми, які живуть на поверхні рослин, живляться виділеннями тканин рослин і невеликою кількістю органічних домішок на них. Такі мікроорганізми не здатні проникати крізь клітинну мембрану рослини і, як правило, не роблять негативного впливу на розвиток рослини.

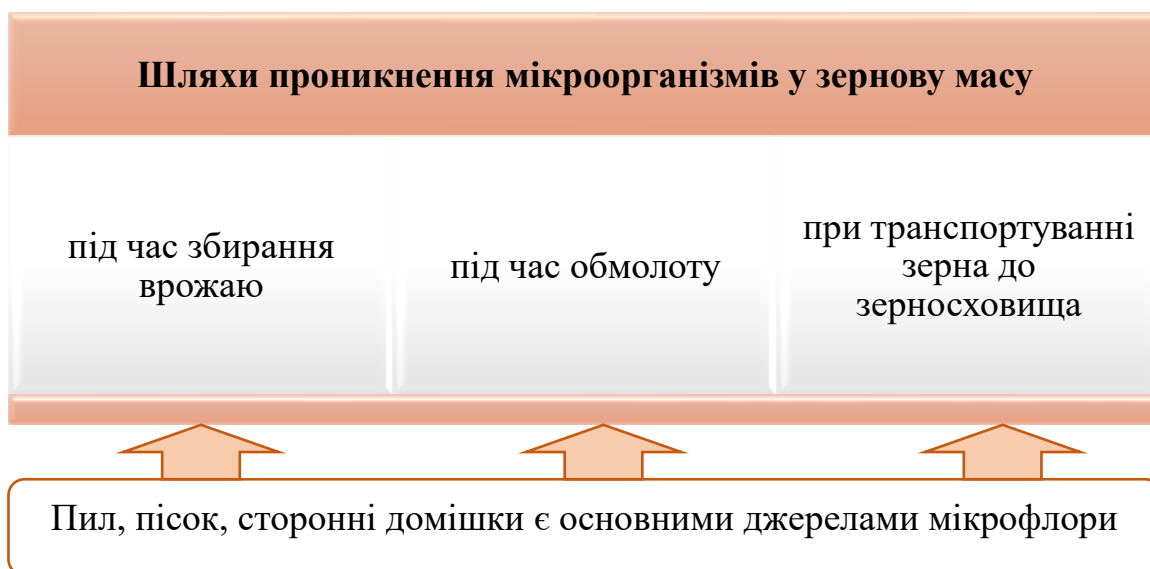
Частина мікроорганізмів через нестачу поживних елементів і вологи перебуває в стані спокою.

Кількісний і видовий склад епіфітної мікрофлори значною мірою залежить від погодних умов, головним чином від температури і вологості повітря:

✓ в теплу вологу погоду переважають типові епіфіти – неспоріві палички і коки. У суху жарку погоду неспороутворюючі бактерії зникають зовсім або їх кількість значно зменшується. Натомість з'являються спороутворюючі бактерії, головним чином *Bacillus mesentericus*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus mycoides*.

✓ у вологу прохолодну погоду у значних кількостях з'являються плісняви.

Як було сказано вище, мікроорганізми поступово переміщуються з поверхні рослини в зав'язь, а потім на дозріле зерно. У міру дозрівання в ньому знижується вміст цукрів, але збільшується запас крохмалю і геміцелюлози, знижується активність ферментативних процесів, відбувається швидка втрата води (до 25% і нижче). Зазначені зміни призводять до того, що зерно стає менш сприятливим субстратом для розвитку мікроорганізмів, і більшість з них переходить у стан спокою (анабіоз) на сухому зерні.



Велику роль у підвищенні мікробіологічного вмісту зерна відіграють механічні пошкодження зерна, що виникають під час обробки – очищення, сортування, сушіння тощо. На зерні з пошкодженою покривною оболонкою мікроорганізми завжди розвиваються активніше, ніж на неушкодженому зерні. Важливим джерелом збагачення зернової маси мікроорганізмами є також наявність важких домішок у зерні, особливо в насінні бур'янів.

Фактори, що впливають на кількість мікроорганізмів на поверхні зерна



структура оболонки зерна



рівень опушення насіння



наявність оболонок



створки бобів

Наприклад, насіння бобових – гороху, квасолі, сочевиці та інших – завжди містить на своїй поверхні менше мікроорганізмів, ніж насіння пшениці. Це пояснюється тим, що в насінні бобових, щільно зімкнутому в стручки до луцення, практично відсутні мікроорганізми. Крім того, гладка однорідна оболонка насіння квасолі не дозволяє затримуватися на ній мікроорганізмам. При цьому борідка і борозенка насіння пшениці створюють умови для розселення мікроорганізмів на поверхні зерна у великій кількості.

У зерновій масі, що надходить на зберігання, можна виявити три основні групи мікроорганізмів.

сапрофітні

спороутворюючі бактерії, плісняви, актиноміцети, дріжджі, дріжджоподібні гриби

фітопатогенні

мікроскопічні гриби (*сажка, фузаріоз, ріжки*) викликають захворювання рослин і зерна

патогенні

для людини і тварин (*сибірська виразка, ящур, бруцельоз*)
Переносниками є гризуни, птахи, комахи

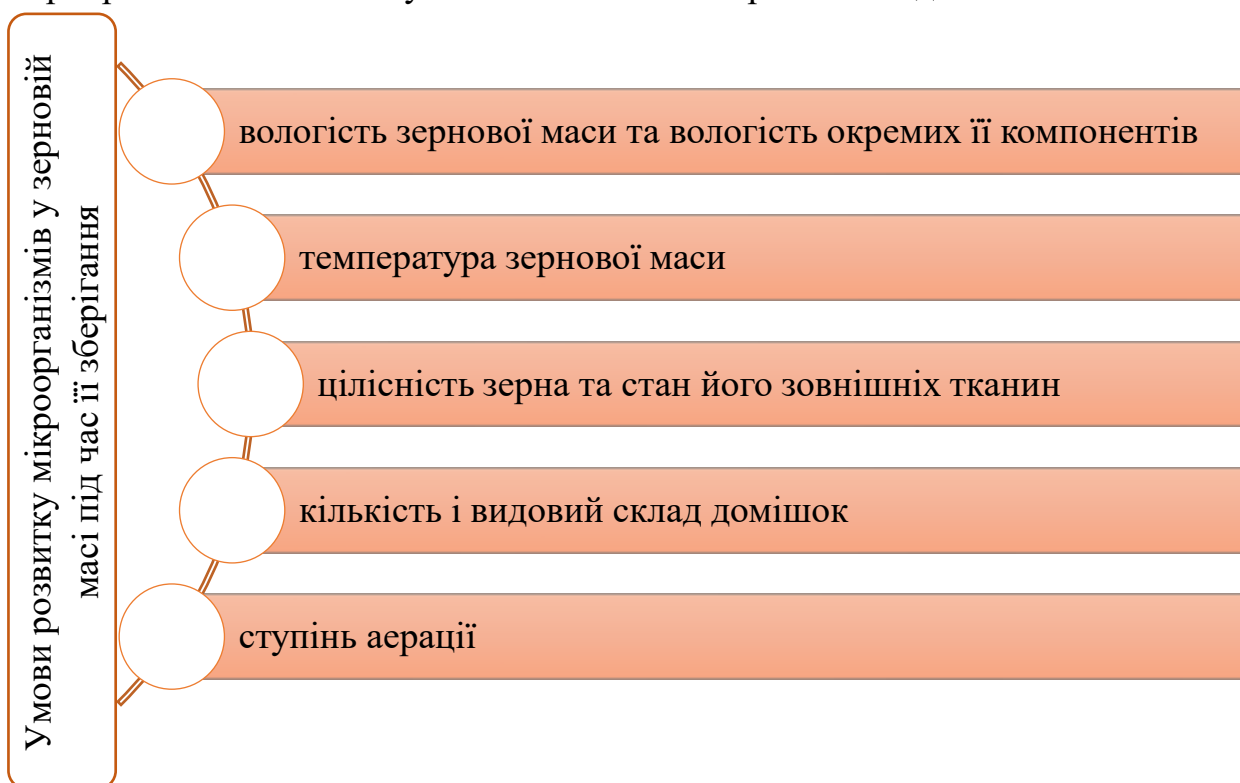
Наявність у партіях зерна тих чи інших фітопаразитів у вигляді «мішків» сажки, «ріжків» оману, ураженого фузаріозом зерна суворо враховується при закладці цих партій на зберігання.

Але слід зазначити, що зерно не є сприятливим середовищем для патогенних мікроорганізмів, тому більшість із них досить швидко гинуть у зерновій масі під час її зберігання. Зерно може бути переносником хвороби, незважаючи на поодинокі випадки проникнення патогенних мікроорганізмів у зернову масу, про цю можливість завжди слід пам'ятати та враховувати.

Зміна мікрофлори за різних умов зберігання та переробки зерна

Дослідженнями встановлено, що якщо зерно сухе і зберігається при фіксованій температурі (тобто виключається можливість «зволоження» зерна), то чим довше воно зберігається, тим менший рівень мікроорганізмів у зерновій масі.

При зміні умов зберігання (підвищення вологості, температури) можливий повільний або більш швидкий ріст мікроорганізмів як у щойно зібраній зерновій масі, так і в тій, що зберігалася тривалий час. Причому одні види змінюються іншими, зокрема епіфіти змінюються цвілевими грибами. За несприятливих умов зберігання на підлозі комор і в зерносховищах часткове або повне ураження зерна мікроорганізмами може бути викликане вже через кілька днів.



Вплив вологості та температури зернової маси на зараження мікроорганізми. Під час збирання одержують зерно, як правило, різного ступеня вологості (від 7 до 30% і більше).

Такі швидкі перепади вологості в свіжезібраному зерні залежать від:

✓ **умов збору врожаю**, особливо збирання врожаю в несприятливих умовах, таких як висока вологість повітря, дощова погода або ранкові роси, призводить до підвищення загальної вологості зернової маси. Зволене зерно стає більш чутливим до перепадів вологості.

✓ **неоднорідної вологості насінин у колосі**, що можуть мати різний рівень вологості через нерівномірне дозрівання яке спричиняє швидке вирівнювання вологості між насінинами після збирання, що супроводжується коливаннями загальної вологості зернової маси.

✓ **наявності великих домішок у зерновій масі**, такі як залишки рослин або бур'янів, утримують значну кількість вологи. Якщо зернову масу не очищено вчасно, ця волога швидко передається до зерна, особливо до його ядра, яке має високу здатність поглинати воду, що погіршує якість зерна і сприяє розвитку мікроорганізмів.



Виявлено, що розвиток мікроорганізмів на зерні можливий лише за наявності в ньому вільної вологи. Зв'язана вода недоступна для мікроорганізмів. Вода називається зв'язаною, якщо вона хімічно і фізично зв'язана з гідрофільними колоїдними речовинами зерна: білками і крохмалем. У зерні пшениці міститься в середньому 14% зв'язаної води. Зі збільшенням вологості зерна з'являється вільнокрапельно-рідка вода, яка використовується мікроорганізмами в процесі життєдіяльності.

Вологість зерна тісно пов'язана з відносною вологістю навколишнього повітря. Вміст вологи в зерні та насінні найшвидше зростає при відносній вологості повітря в межах 80...100 % - При відносній вологості повітря 70 % рівноважна вологість зерна зернових буде підтримуватися на рівні 14,5 %, при 75% — 15...16 %, а при 80...100% досягне 32...36%.

Нижня межа вологості, за якої виходить вільна вода і здатні розвиватися плісняви-ксерофіти, відповідає приблизно «критичному» вмісту вологи в зерновій масі.

Критична вологість зернових культур різноманітна і залежить від хімічного складу та особливостей анатомічного складу насіння.

Розвиток грибів-ксерофітів у різних культурах

Культура	Вологість, за якої розвиваються гриби-ксерофіти
Пшениця	Починають розвиватися при вологості 14,5%
Кукурудза	Розвиток можливий при вологості 13,5–14%
Просо	Гриби з'являються за вологості 12,0–13,0%
Соняшник	Розвиток починається при вологості 6,0–10% (залежно від вмісту олії)

Практика зберігання зерна та насіння показує, що деякі плісняви можуть розвиватися на зерні не тільки при його критичній вологості, але й при дещо меншій вологості. Ці гриби через нестачу вологи розвиваються повільно і недостатньо активно. Відбувається повільний процес утворення цвілі. Розвиток грибів призводить до поступової зміни складу ядра, виділяються отруйні

продукти метаболізму, що негативно впливає на схожість зерна. Щоб уникнути подібного утворення плісняви, насіння після збору слід негайно просушити до отримання вологості нижче критичної. Зазвичай рекомендується сушити за допомогою активного кондиціонування з використанням нагрітого повітря.

Температура навколишнього середовища є одним із істотних факторів, що визначають інтенсивність розвитку мікроорганізмів. Життєдіяльність мікрофлори зернової маси також певною мірою залежить від температури навколишнього середовища.



Більшість бактерій і пліснявих грибів, що зустрічаються у зернової масі, належать до мезофілів, які найактивніше розвиваються при температурі 25–30 °C. Термофільні мікроорганізми виявляються переважно у зерні, що самозігрівається, на останніх стадіях цього процесу, коли температура досягає 50–60 °C.

При зниженні температури нижче 10 °C розвиток мезофільних мікроорганізмів припиняється, але багато з них залишаються життєздатними навіть при морозі. Заморожування зерна тимчасово зупиняє активність мікроорганізмів, але не знищує їх. При підвищенні температури розвиток мікроорганізмів, особливо пліснявих грибів, відновлюється швидко, що часто стає причиною самозігрівання зернової маси.

Мікрофлора в залежності від стану зовнішніх тканин зернової маси та домішок у зерновій масі. Здорове зерно має міцну захисну оболонку, що складається з волокон і воскоподібних речовин, які стійкі до впливу мікроорганізмів. Ця оболонка забезпечує зерну природний захист від ураження.

Однак, якщо оболонка зерна пошкоджується через механічні ушкодження, це створює сприятливі умови для розвитку мікроорганізмів, особливо пліснявих грибів. Ризик їх активного розмноження значно зростає за підвищеної вологості, яка є характерною для пошкодженого зерна.

Крім того, значний вплив на збагачення зернової маси мікроорганізмами мають домішки, особливо важкі. Насіння бур'янів, яке часто трапляється серед домішок, зазвичай має вищий рівень вологості, ніж зерно основних культур, що створює додаткові умови для активізації мікроорганізмів.

Тому, перед зберіганням зерна, дуже важливо провести його очищення від усіх видів домішок, щоб мінімізувати ризик розвитку мікроорганізмів і забезпечити належні умови зберігання.

Сапрофітні мікроорганізми – це організми, які живляться органічними рештками, такими як мертві частини рослин, і виконують важливу роль у природному процесі розкладу органічних матеріалів. Однак, коли вони потрапляють на зерно, особливо в умовах зберігання, можуть серйозно впливати на його якість, що призводить до економічних втрат у сільському господарстві.

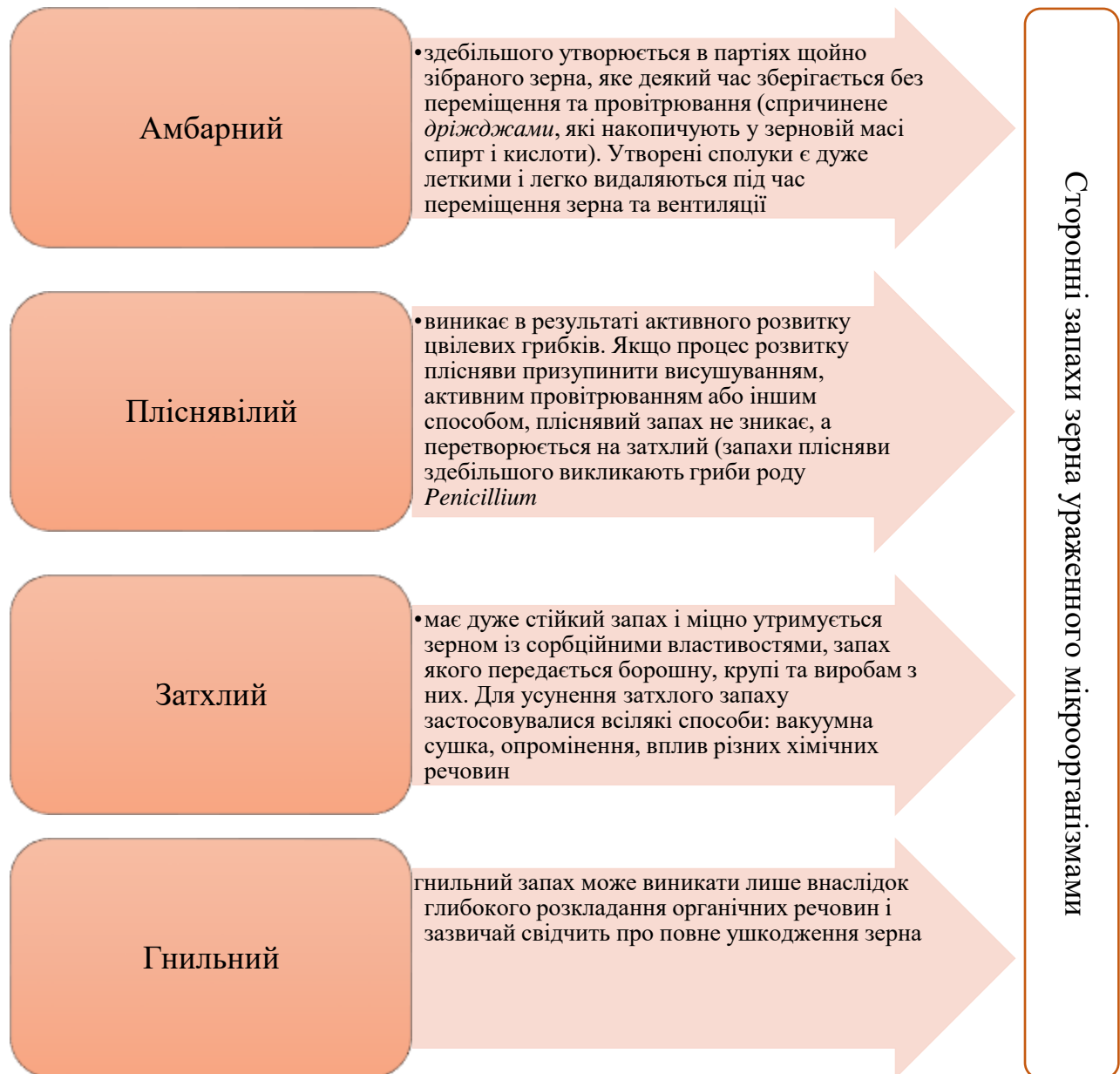
Активна дія мікроорганізмів на зернову масу завжди певною мірою погіршує якість зерна, що зберігається:

- ✓ спостерігається зменшення загальної маси зерна за рахунок споживання поживних речовин мікроорганізмами
- ✓ змінюються (погіршуються) органолептичні властивості зерна: блиск, запах, колір, смак
- ✓ на поверхні зерна з'являються темні плями або зерно стає чорним (мікроорганізми сприяють накопиченню в зерні вільних амінокислот, які

реагують з вуглеводами і утворюють темнозабарвлені сполуки – меланоїдини)

✓ погіршуються сипучі властивості зерна.

Уражене мікроорганізмами зерно може набувати різних сторонніх запахів, не властивих здоровому зерну.



Окрім зміни органолептичних показників, спричинених мікроорганізмами, спостерігаються швидкі зміни хімічного складу зерна:

✓ втрати твердих речовин переважно за рахунок вуглеводів, що використовуються мікроорганізмами для живлення

- ✓ підвищується титруема кислотність
- ✓ підвищується кислотність жирів і кількість цукрів
- ✓ вміст білка знижується за рахунок збільшення кількості амінокислот і амонію – білки розкладаються до цих кінцевих продуктів
- ✓ накопичуються токсичні мікробні продукти (запліснявіле зерно), в результаті чого зерно набуває отруйних властивостей і стає шкідливим для здоров'я людей і тварин.

Хвороби зерна часто викликають гриби *Helminthosporium*, *Alternaria*, *Penicillium*, які починають розвиватися в першу чергу на зерні, руйнуючи його тканини в результаті проникнення гіфи і отруюючи ядро своїми побічними продуктами метаболізму.

Умови розвитку сапрофітних мікроорганізмів на зерні

висока вологість зерна

- сапрофітні мікроорганізми, особливо плісняві гриби, активно розвиваються при вологості зерна понад 14-16%. Вологе зерно стає ідеальним середовищем для їхнього розмноження

температурні умови

- мікроорганізми, як правило, розвиваються при температурі 20-30°C. Високі температури (понад 40°C) можуть пригнічувати їхній ріст, але на нижчих температурах, таких як при зберіганні зерна, мікроорганізми можуть адаптуватися і розмножуватися

наявність домішок

домішки, такі як насіння бур'янів, залишки рослин, можуть збільшити рівень вологості і стати джерелом для розвитку мікроорганізмів.

Для запобігання псуванню зерна і розвитку мікроорганізмів необхідно вжити кілька заходів які наведені нижче.

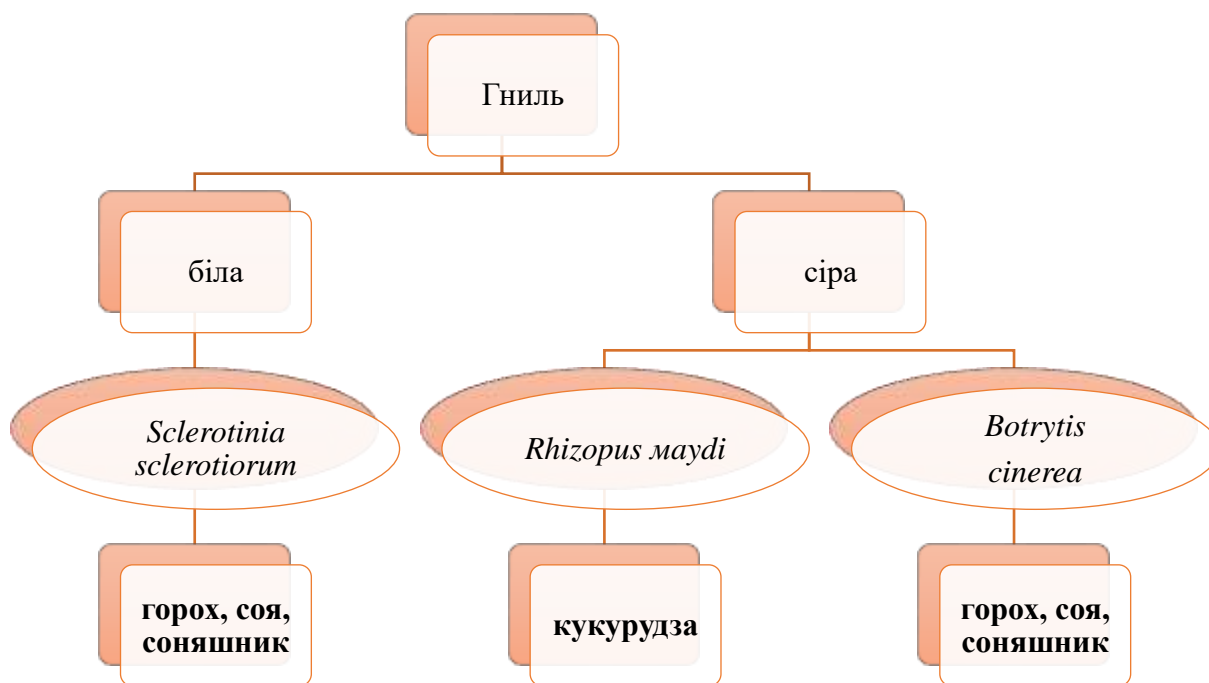


Характеристика хвороб зерна, спричинених сапрофітними мікроорганізмами

Сапрофітні мікроорганізми, що розвиваються на мертвих органічних залишках, можуть проникати в зерно в процесі збирання, зберігання та транспортування, особливо за умов високої вологості і температури. Вони поділяються на нешкідливі, що не мають токсичних властивостей, і шкідливі, які здатні викликати захворювання та токсикації. Зрозуміння характеру таких хвороб і заходів боротьби з ними є важливим для підтримання якості зерна та забезпечення безпеки продукції.

Біла і сіра гніль

Збудником цього захворювання є грибки, які вражають здебільшого бобові культури, особливо горох і сою, кукурудзу та соняшник.



Біла гніль

Біла гніль, яка також називається склеротинієвою гниллю стебла, викликається грибом *Sclerotinia sclerotiorum*. Хвороба сприяє дуже вологим умовам і особливо поширена на полях із верхнім зрошенням.

Причини розвитку хвороби:

- ✓ біла гніль розвивається за умов високої вологості
- ✓ особливо поширена на полях із верхнім зрошенням (наприклад, за допомогою центрального шарніра)
- ✓ сільськогосподарські практики, які сприяють інтенсивному росту рослин, утриманню високої вологості та зменшенню руху вітру, створюють сприятливі умови для розвитку хвороби

Симптоми захворювання:

- ✓ спочатку проявляються як водянисті ураження через 14-20 днів після закриття рядків, залежно від сорту та методів вирощування

- ✓ ураження з'являються на перехрестях стебла та гілок, або на тих частинах стебел та гілок, що контактують з ґрунтом

- ✓ уражені ділянки швидко покриваються білим ватним наростом

- ✓ за умов вологи нарід може швидко поширюватися на сусідні стебла та листя

- ✓ при подальшому розвитку ураження обвивають стебла, що призводить до в'янення листя

Умови розвитку хвороби:

- ✓ вологість є ключовим фактором для розвитку білої гнилі

- ✓ тривале зберігання вологих умов, особливо при зрошенні та недостатньому провітрюванні, сприяє розвитку грибка

- ✓ ризик виникнення хвороби збільшується при погіршенні циркуляції повітря на полі

Наслідки захворювання:

- ✓ поширення білої гнилі може призвести до значного пошкодження рослин, втрата листя та ослаблення стебел

- ✓ ураження може негативно вплинути на врожайність і якість зерна.

Зерно, уражене білою гниллю, має зморшкуватий вигляд, поверхня бліда. При високій вологості повітря набуває білий оксамитовий наліт (міцелій), на якому утворюються чорні склероції гриба. Через це зерно має гіркий смак.

Зараження бобів. Оскільки склероції є основним джерелом початкового інокулята, вони повинні прорости перед тим, як рослини квасолі можуть бути заражені. Склероції можуть проростати двома способами. Перший спосіб — це безпосереднє проростання, коли утворюються білі нитки міцелію, довжина яких зазвичай не перевищує півдюйма. Ці нитки рідко проникають у живі тканини рослин, поки не колонізують мертві або старіючі частини, такі як квіти чи листя. Частіше ж склероції проростають, утворюючи одну або кілька темних зародкових трубок, які ростуть із глибини ґрунту менш ніж на два дюйми до поверхні. Коли кінчик цієї зародкової трубки досягає поверхні, він

стимулюється світлом і перетворюється на невелику грибоподібну структуру тілесного кольору, що називається апотецієм, діаметром від 1/8 до 1/4 дюйма.



Інфікована соя білою гниллю

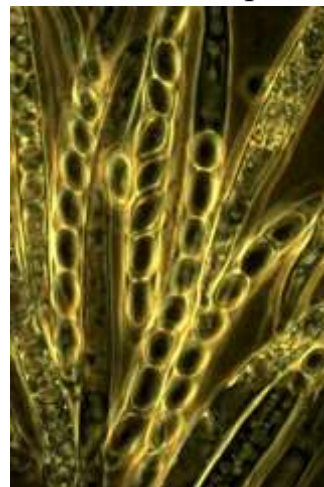
Грибкова інфекція білої гнилі зазвичай починає проявлятися приблизно через 60 днів після посадки, що збігається з частковим або повним покриттям рядів рослин. Один склероцій може виробляти численні апотеції, як одночасно, так і послідовно протягом вегетаційного періоду. Кожен апотецій виробляє мільйони спор, які поширюються під покровом рослини та періодично звільняються, заражаючи сусідні рослини.

Хоча зараження через перенесення спор з одного поля на інше не є критичним, зрошувальна вода відіграє важливу роль у транспортуванні спор, міцелію і склероції між полями і в межах поля. Спори повинні вступити в контакт з мертвими або старіючими рослинними тканинами, такими як світи, на поверхні ґрунту під пологом рослин, щоб почати процес зараження. Ці тканини можуть також застрягти в пазухах гілок або

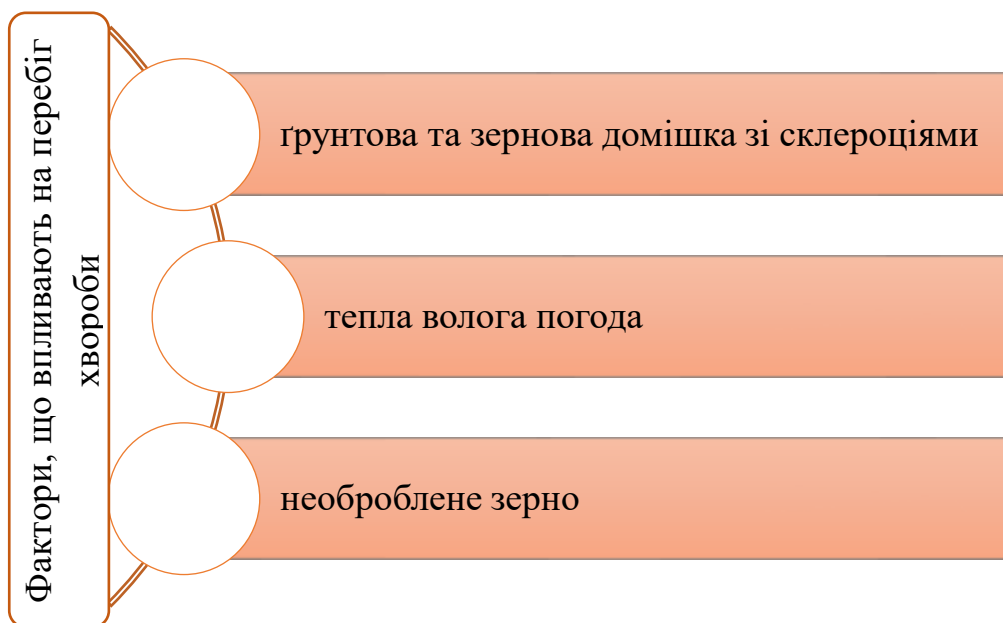
прилипнути до плодів, що розвиваються. Після колонізації мертвої тканини грибок може вразити здорову тканину, що призводить до появи характерних симптомів водянистої м'якої гнилі, а також утворення нових склероціїв.

Інфекція швидко поширюється всередині рослин та між сусідніми рослинами в полі (рис.1). Білу плісняву часто можна знайти в більш вологих і прохолодних зрошувальних борознах або в низинних ділянках поля. Коли склероції досягають висоти 5 см, вони утворюють плодові тіла діаметром 3-4 мм на поверхні рослин.

Всередині плодових тіл утворюються аскоспори, що разносяться вітром на великі відстані. Склероції зберігають життєдіяльність до 8 років.



Sclerotinia sclerotiorum asci and ascospores, $\times 200$



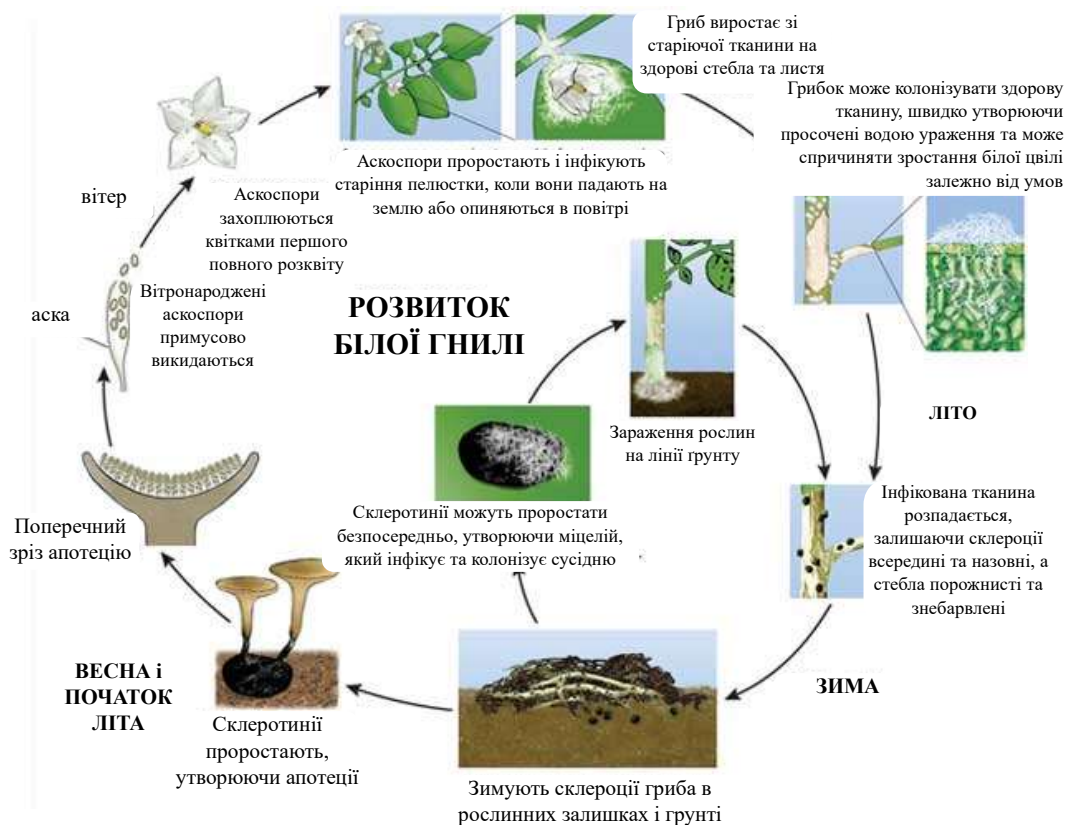


Рис. 1. Життєвий цикл *Sclerotinia sclerotiorum*

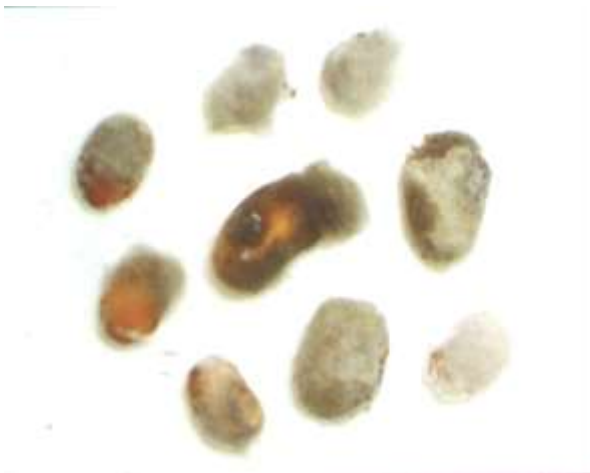
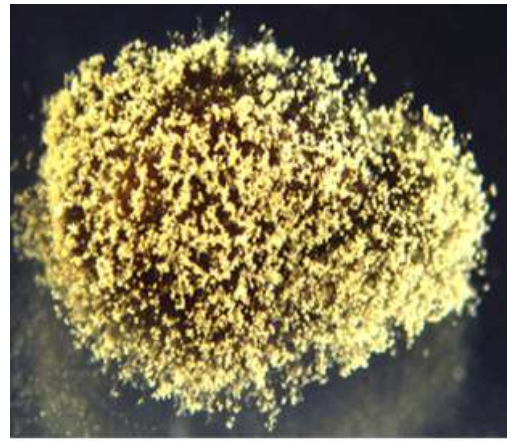
Сіра гниль

Сіра гниль, спричинена грибом *Botrytis cinerea*, є однією з найпоширеніших хвороб рослин, що має широкий спектр господарів — понад 200 зареєстрованих видів, серед яких декоративні рослини, овочі та фрукти. Цей грибок може спричинити різноманітні захворювання, вражаючи різні частини рослин, такі як розсада, квіти, плоди, стебла та листя. *Botrytis cinerea* є основним збудником післязбиральної гнилі плодів, що робить його особливо небезпечним для збереження врожаю.

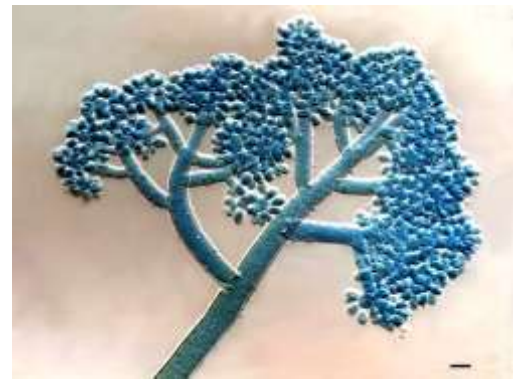
Інфекція може виникнути як у теплицях, так і в полі, якщо умови сприятливі, зокрема при вологій і прохолодній погоді. Грибок вражає не тільки декоративні рослини та фрукти, але й сільськогосподарські культури, такі як кукурудза, горох, соя та соняшник, що робить його загрозою для різних видів сільськогосподарського виробництва.



Gray mold on soybean



Gray mold on soybean seeds



Sporulation Botrytis cinerea,
×300

Сіра гниль зернових культур, починає розвиватися під час жовтої стиглості зерна, коли зерна досягають певної зрілості, але ще не повністю дозріли. В цей період умови для розвитку грибка є найбільш сприятливими, особливо в регіонах з високою вологістю і прохолодною погодою.

Основні симптоми хвороби включають:

- ✓ червонуваті розмиття на поверхні зерна, які є ознакою проникнення грибка в тканини
- ✓ тьмяність зерна, втрата його блиску, що відображає пошкодження зовнішніх оболонок і вплив мікроорганізмів
- ✓ гниле зерно, яке стає м'яким, темніє або розкладається, що знижує його якість
- ✓ сірувато-білий наліт, що є характерним для розвитку міцелію гриба на поверхні зерна
- ✓ утворення склероціїв, які являють собою спеціальні структури, що служать для розмноження гриба і можуть зберігатися в ґрунті або на рослинах, заражаючи нові культури

Зараження часто починається з появи конідій — спорових структур, які розмножуються за допомогою вологи і розповсюджуються повітрям, в тому числі під час дощів або за допомогою вітру. Висока вологість сприяє активному розмноженню грибка, що веде до серйозного пошкодження зерна і зниження врожаю (рис. 2).

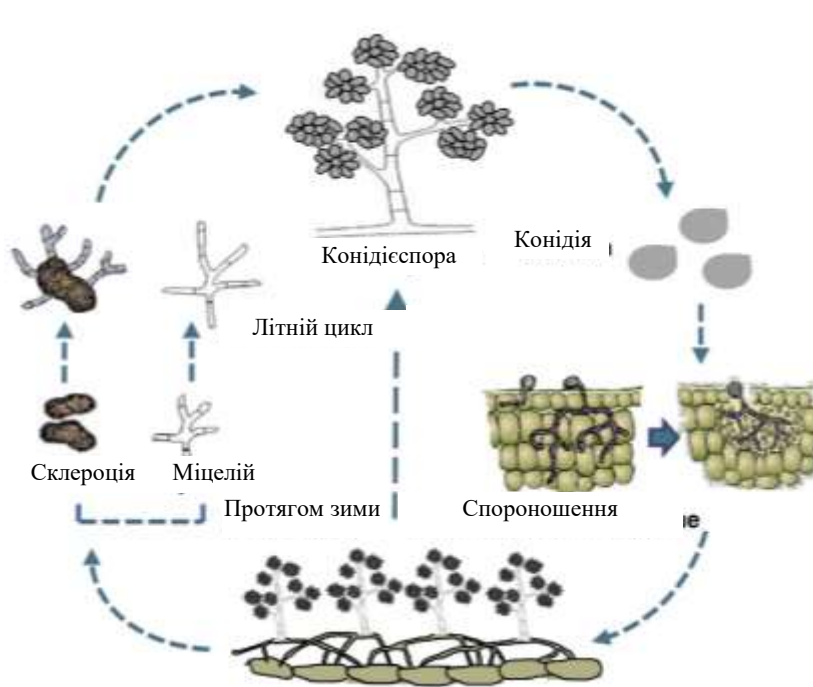


Рис. 2. Життєвий цикл *Botrytis cinerea*

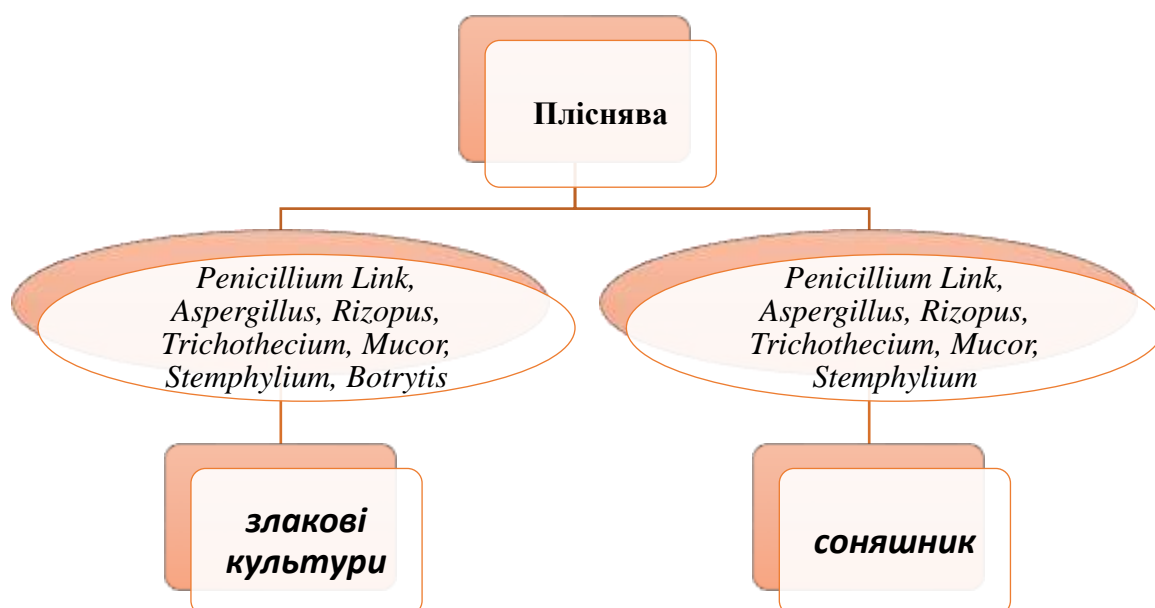
Основним фактором, який впливає на розвиток цієї хвороби, є прохолодна та волога погода. Вона створює умови для тривалого збереження вологи на поверхні зерна, що ідеально підходить для розмноження грибка. Заразні спори можуть легко поширюватися

через контакт з зараженими рослинами або зараженими частинами рослин, такими

як стебла або квіти. У результаті розвитку сірої гнилі зерно втрачає свої товарні якості, його схожість та придатність для подальшої обробки і зберігання.

Пліснява

Пліснява є однією з основних причин ураження зернобобових культур, таких як соя, горох, квасоля, кукурудза, пшениця та інші, і може значно знизити якість врожаю. Найпоширенішими видами грибків, що викликають плісняву на зернобобових культурах, є *Aspergillus*, *Penicillium* та *Fusarium*. Ці гриби активно розвиваються при підвищеній вологості та низьких температурах, створюючи сприятливі умови для свого розмноження. Пліснява призводить до утворення на поверхні зерна характерної цвілі, змінюючи його кольорову гамму, а також викликає розкладання його тканин, що в результаті призводить до втрати схожості насіння і погіршення його харчових властивостей. Заражені зерна стають м'якими, тьмяними, з неприємним запахом. У більш серйозних випадках пліснявий розвиток може призвести до утворення токсичних речовин, таких як афлатоксини, що є небезпечними для здоров'я тварин і людей. Для боротьби з пліснявою на зернобобових культурах важливо забезпечити правильне зберігання, контролюючи рівень вологості та температури, а також здійснювати своєчасне очищення та обробку зерна від потенційних заражень.



При зараженні рослин та їх насіння пліснявими грибами на поверхні з'являється характерний наліт, який може мати різні кольори в залежності від виду збудника. Це може бути зеленуватий, жовтий, шиферно-оливковий, сіро-блакитний, рожевий та інші відтінки. Колір нальоту є індикатором того, який саме гриб спричинив зараження, адже різні види пліснявих грибів утворюють спори, що мають специфічні кольорові відтінки. Такий наліт є ознакою розвитку грибкових інфекцій на зернових та інших культурах і може вказувати на початок процесу псування насіння та зниження його якості (рис.3).



Рис. 3. Sporulation raid on grains

a - Penicillium Link, b – Mucor, c – Botrytis, d – Stemphylium, e – Trichothecium, f – Fusarium, g – Helminthosporium, h - Alternaria

Більшість представників видів цвілевих грибів є слабкими паразитами, які:

- ✓ заражають ослабленні рослини;
- ✓ заселяють пошкоджені мікротріщинами зернівки.

Зараження може відбуватися при підвищеній вологості як у процесі вегетації, так і під час зберігання зерна в коморах, шляхом перенесення спор грибів вітром, дощем, комахами.

Наприклад, гриб з роду Penicillium може розвиватися навіть при низьких температурах, у діапазоні від +2 до +5°C. Розвиток цвілі залежить від кількох факторів, серед яких найважливіші: висока температура (від +24 до +26°C), підвищена вологість повітря (80–100%) та висока вологість зерна при зберіганні (17–19%). Дані умови сприяють активному росту та розмноженню цвілевих грибів, що може значно погіршити якість зерна та призвести до втрат під час зберігання.

Фактори, що впливають на розвиток цвілі:

- ✓ висока температура +24...26⁰C
- ✓ висока вологість повітря 80...100%
- ✓ висока вологість зерна при зберіганні 17...19%.

Penicillium — це рід грибів, назва якого походить від латинського слова *penicillus*, що означає "пензлик", через схожість конідієносців гриба з пензликом (рис.4). Гриби роду *Penicillium* відносяться до класу дейтероміцетів, тобто грибів, у яких не відомий статевий стан. Проте деякі види цього роду можуть мати додатковий статевий стан в межах відділу *Ascomycota* і порядку *Eurotiales*.

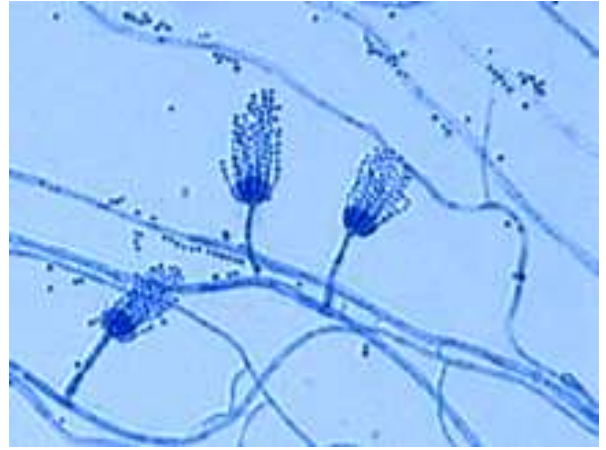
Колонії грибів зазвичай ростуть швидко і мають різні відтінки зеленого, іноді білого кольору. Вони складаються переважно з щільного пухнастого покриття, що утворюється з конідієносців. Мікроскопічно в *Penicillium* утворюються ланцюжки одноклітинних конідій (амероконідій), які формуються у базипетальній послідовності. Це означає, що конідії ростуть у зворотному порядку, і наймолодші клітини знаходяться на проксимальному (базальному) кінці ланцюга, в той час як старші — ближче до верхнього кінця. Ці ланцюжки формуються від спеціалізованих клітин, що називаються фіалідами.



Culture of Penicillium sp



Penicillin mold wheat



Penicillium mycelia and conidium with spores



Musty grains during storage



Наслідки ураження зерна грибами роду *Penicillium*

Категорія впливу	Опис наслідків
Зниження харчової та кормової цінності	Зменшення вмісту білків, вуглеводів, жирів; руйнування вітамінів, особливо групи В.
Утворення мікотоксинів	Синтез токсичних речовин (патулін, охратоксин), які викликають отруєння, ураження печінки та нирок.
Погіршення зовнішнього вигляду зерна	Зелений або блакитно-зелений наліт, втрата блиску, потемніння, поява плям.
Зниження технологічних якостей	Непридатність для переробки на борошно, крупи, пиво через погіршення органолептичних властивостей.
Зменшення схожості насіння	Пошкодження зародка зерна, що призводить до втрати здатності проростати.
Поширення захворювання під час зберігання	Швидке розмноження при підвищеній вологості, зараження інших партій зерна, псування великої частини врожаю.

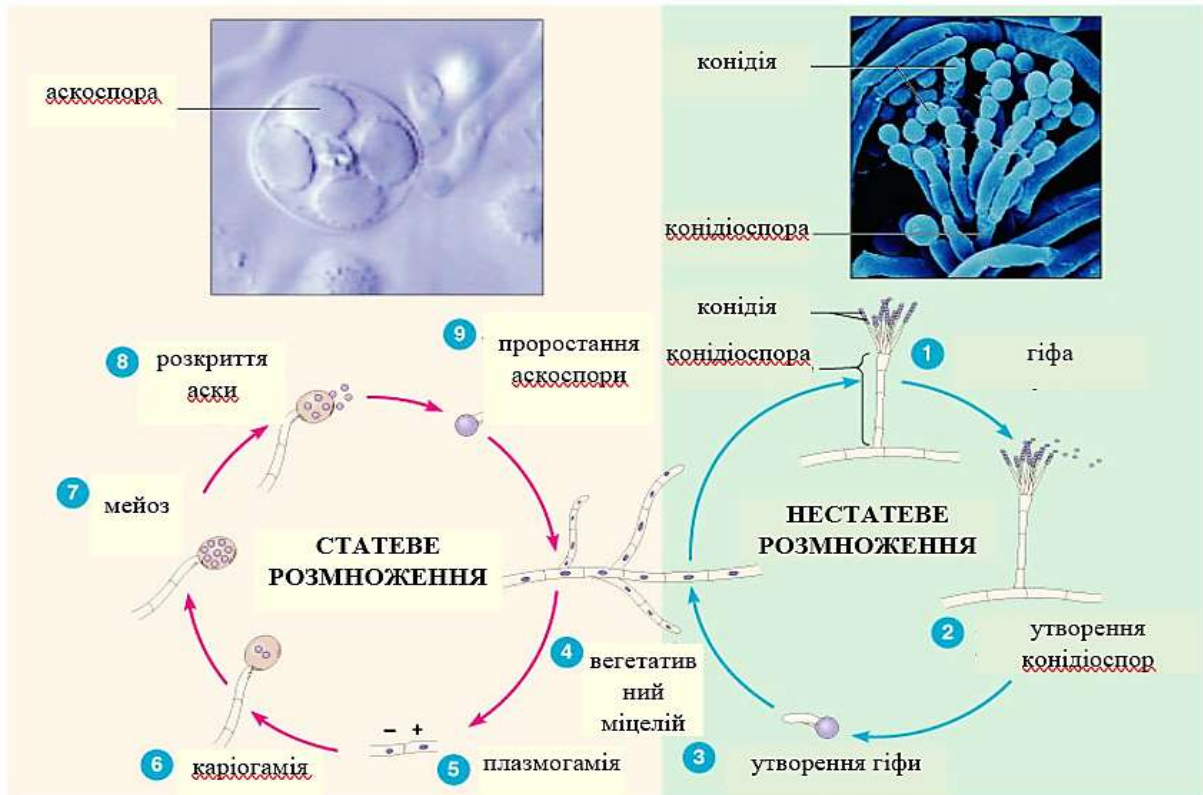


Рис. 4. Життєвий цикл *Penicillium*

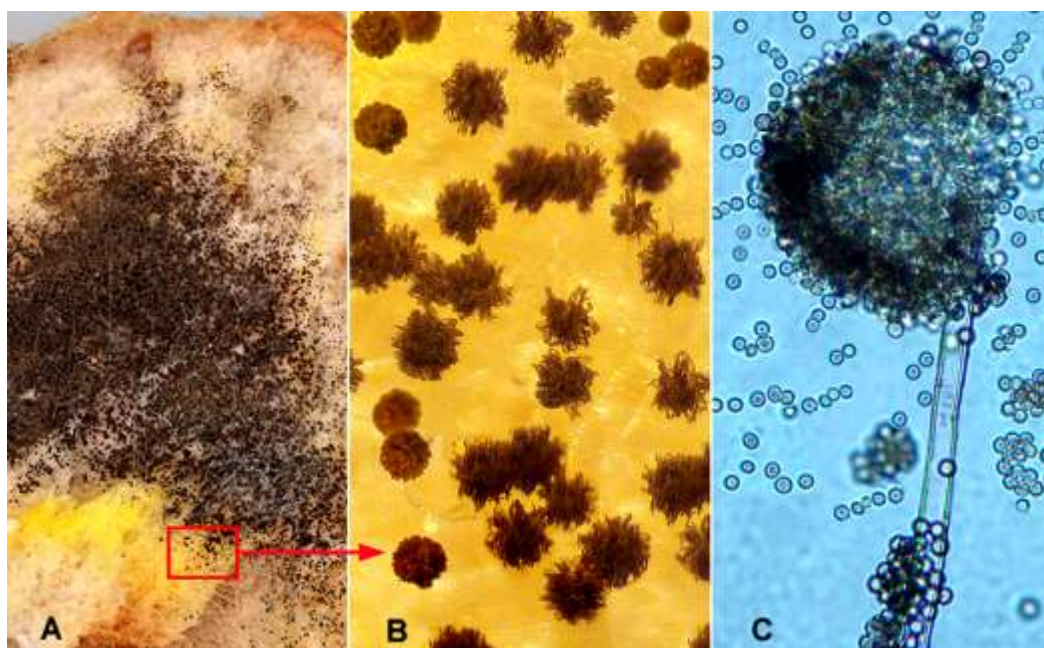
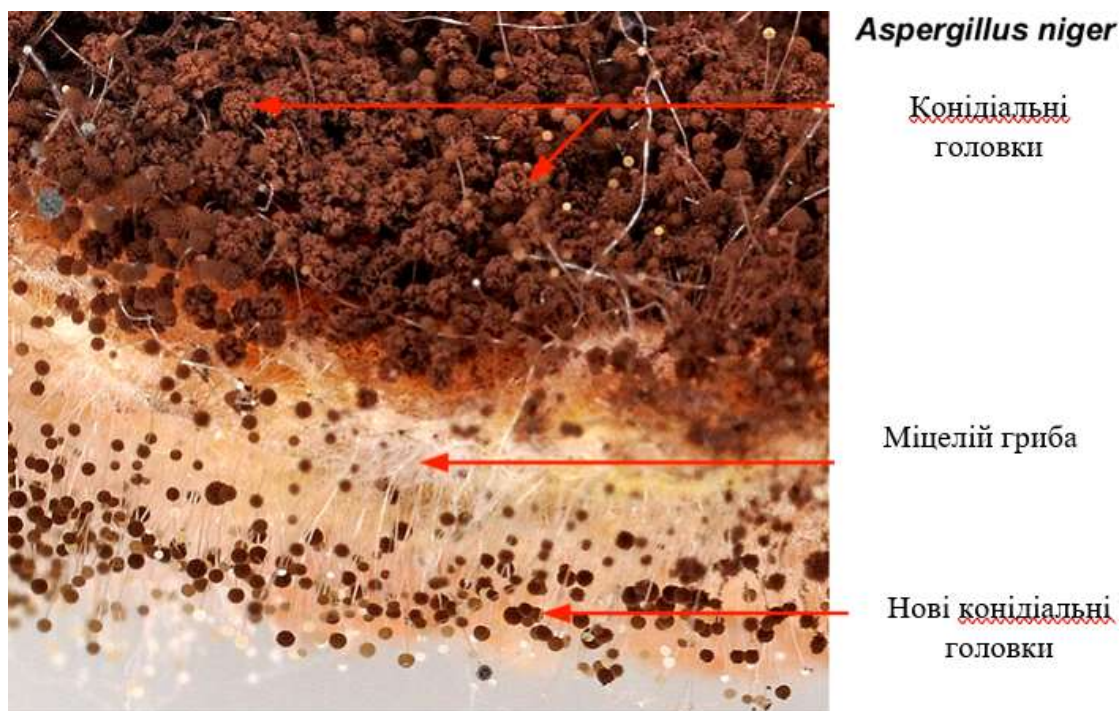
Гриб *Aspergillus* формує мережу розгалужених гіф, які поділені на клітинні компартменти, кожен із яких містить кілька ядер. Така структура називається гомокаріоном і розвивається з однієї гаплоїдної спори. У процесі безстатевого розмноження гриб утворює численні однакові спори, відомі як конідії або конідіоспори.

Деякі види, наприклад, *Aspergillus flavus*, здатні до статевого розмноження. У цьому процесі утворюється плодове тіло (клейстотецій), де відбувається синхронний мейоз ядер у спеціалізованих клітинах (аскогенних гіфах). У результаті статевого циклу формуються аскоспори (вісім гаплоїдних спір у кожному аскусі). Клейстотецій може містити десятки тисяч аскоспор, які вивільняються в навколишнє середовище при його розриві (рис. 5).

Гриби роду *Aspergillus*, зокрема *A. flavus*, суттєво впливають на якість зерна.



Гриби *Aspergillus* є небезпечними для зернових культур, оскільки спричиняють значні економічні втрати та підвищують ризики для здоров'я споживачів.



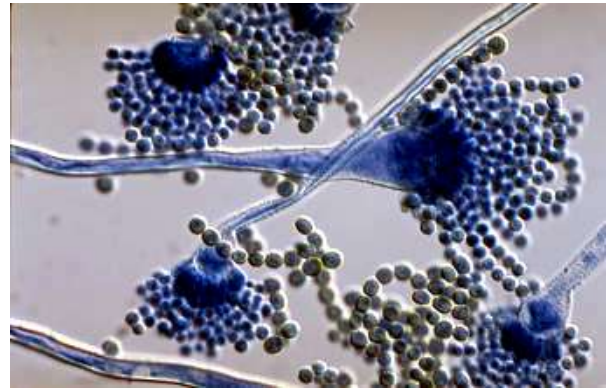
A. Темно-коричнева маса складається з численних кулястих структур, які називаються конідіальними головками. Головки складаються з променистих ниток спор (конідій), які утворюються в результаті мітозу з особливих подовжених клітин, які називаються стеригматами.

Б. Збільшене зображення конідіальних головок у зоні, виділеній червоним. (40-кратне збільшення). Головки виглядають шорсткими завдяки випромінюючим струноподібним ланцюжкам конідій, ще одній характерній рисі, що відрізняє цю цвіль від *Rhizopus*.

С. Вид головки конідії, вилучений із жовтуватого базального повсті та поміщений у краплю води на предметне скло мікроскопа з накривним склом.



Culture of Aspergillus flavus



Aspergillus flavus
mycelia and conidium with
spores

Aspergillus flavus

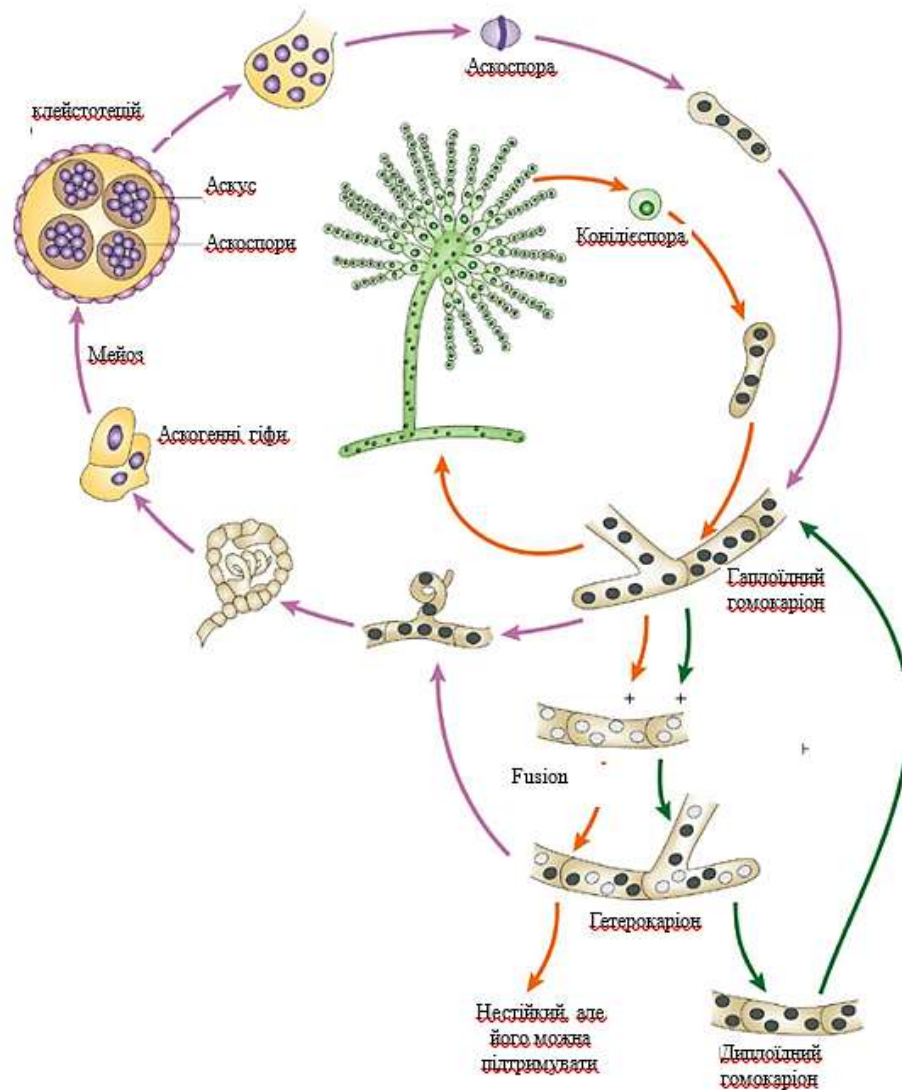


Рис. 5. Життєвий цикл *Aspergillus*

Гриби роду *Mucor* відрізняються від інших представників (наприклад, *Absidia*, *Rhizomucor*, *Rhizopus*) відсутністю стонів і ризоїдів. Їхні колонії дуже швидко розвиваються, мають ватну або пухнасту текстуру, на початку білого або жовтого кольору, який з часом стає темно-сірим через утворення спорангіїв (рис. 6).

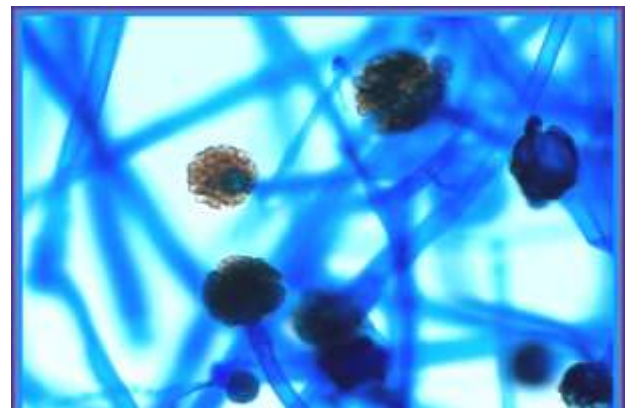
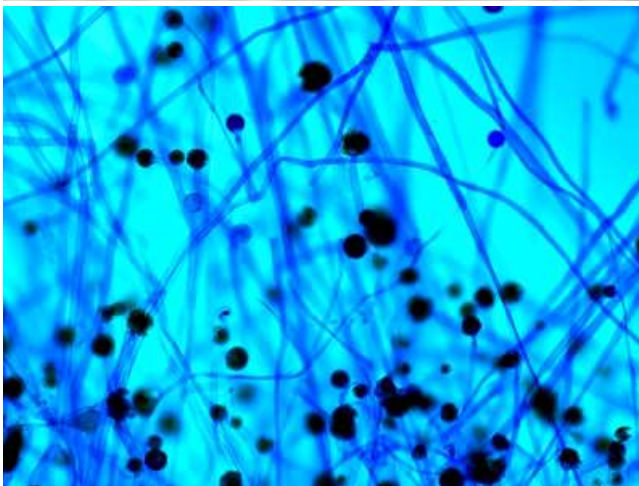
Вплив *Mucor* на якість зерна

Аспект впливу	Опис
Зміна зовнішнього вигляду	Уражене зерно вкривається пухнастим або ватним нальотом (білий, жовтуватий, сірий).
Зниження харчової цінності	Руйнування білків і вуглеводів через ферментативну активність грибів.

Розвиток токсичних сполук	Утворення токсинів, які роблять зерно небезпечним для людей і тварин.
Втрата технологічних властивостей	Погіршення структури крохмалю та білків, непридатність для виготовлення борошна чи комбікормів.
Підвищення ризику вторинного ураження	Сприяння розвитку інших мікроорганізмів (наприклад, <i>Penicillium</i> , <i>Aspergillus</i>).
Зниження схожості насіння	Руйнування зародкової частини, що ускладнює проростання насіння.
Погіршення зберігання	Високий вміст вологи в ураженому зерні, сприяння псуванню в коморах.



Mucor culture



Sporangia, columella and sporangiospores of Mucor sp.

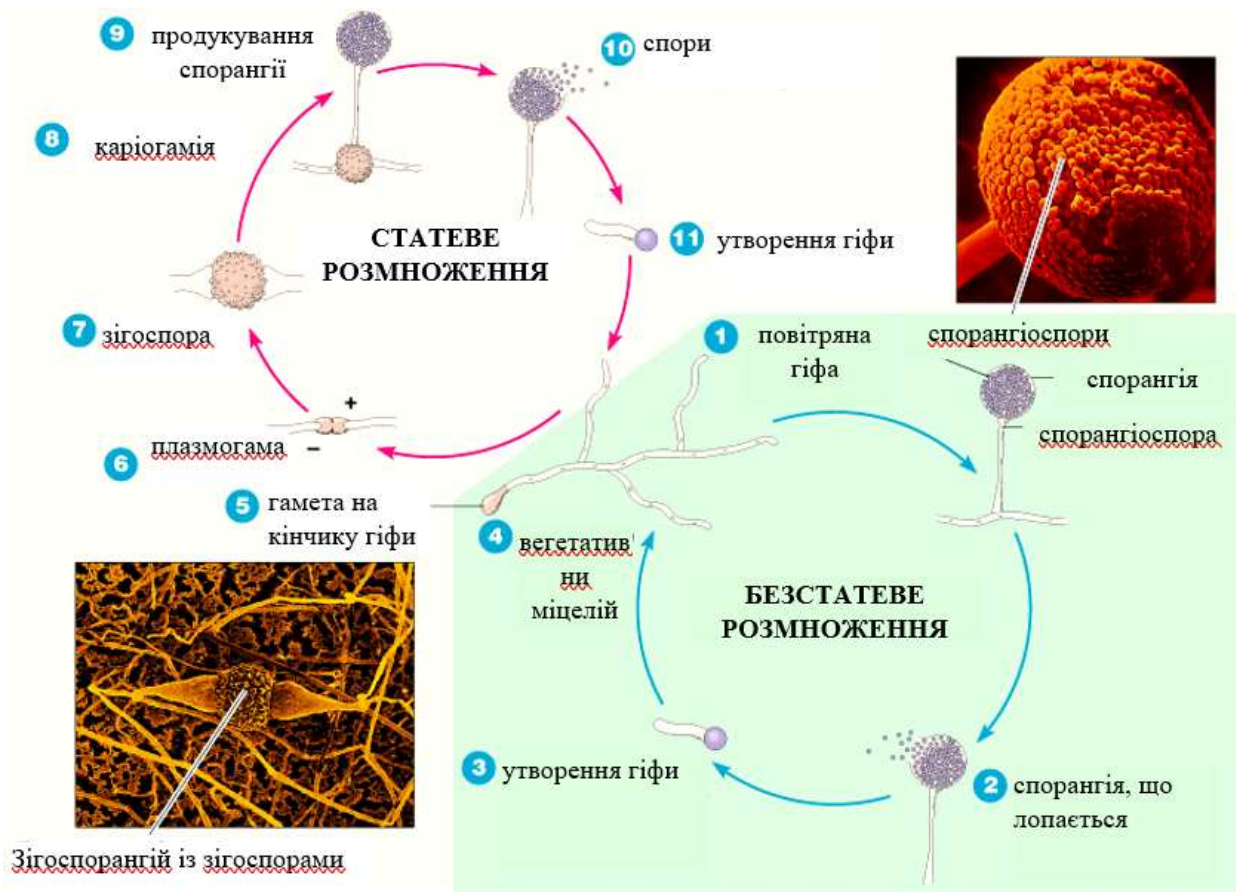


Рис. 6. Життєвий цикл *Mikor*

Stemphylium — це гриб, який характеризується швидким ростом і здатністю утворювати конідії з унікальною структурою. Його спори мають світло-коричневий відтінок, гладкі або злегка шорсткі стінки, і поділяються поперечними та поздовжніми перегородками. Колонії можуть варіюватися від сірого до коричнево-чорного кольору та мати текстуру замші чи бавовни. Гриб часто зустрічається на відкритих поверхнях і рослинних залишках.

Вплив *Stemphylium* на якість зерна

Аспект впливу	Опис
Псування зерна	<i>Stemphylium</i> сприяє гниттю зерна, погіршуючи зовнішній вигляд. Уражене зерно втрачає блиск, стає тьмяним, з темними плямами або нальотом.
Зниження якості продукції	Інфекція призводить до погіршення фізичних і технологічних властивостей зерна. Зернопродукти мають нижчу якість.

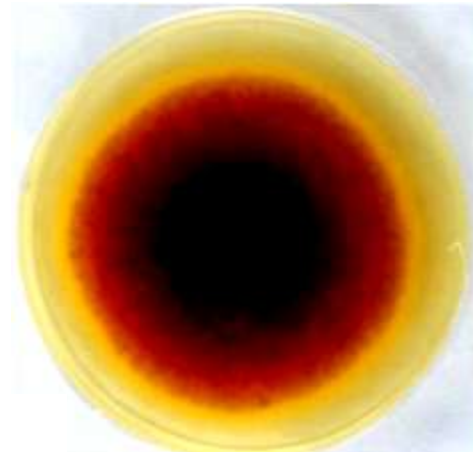
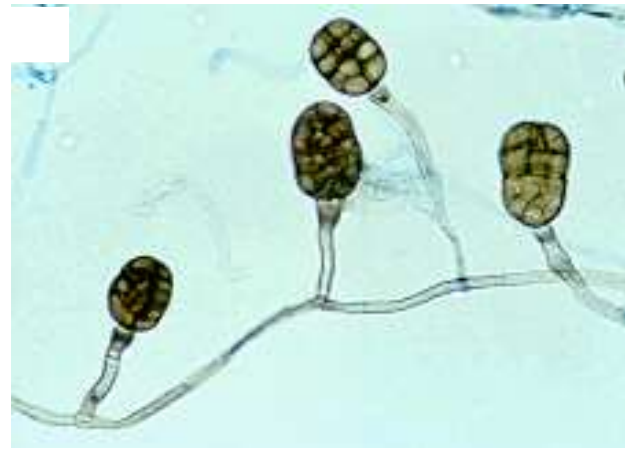
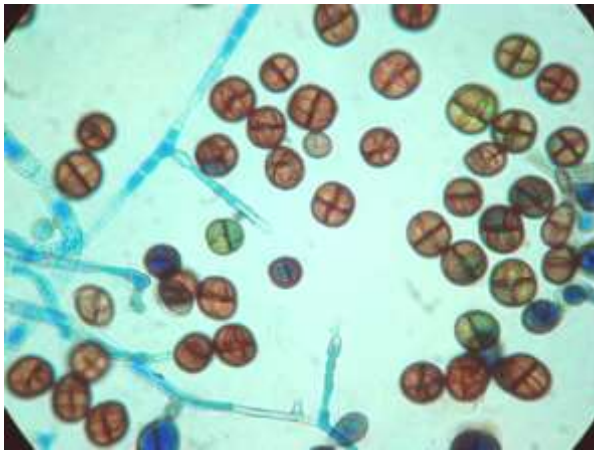
Втрата харчової цінності	Гриб руйнує білки та вуглеводи в зерні, зменшуючи його поживну цінність.
Розвиток токсичних метаболітів	Деякі види <i>Stemphylium</i> виробляють мікотоксини, що становлять ризик для здоров'я людей і тварин.
Вплив на схожість насіння	Руйнування тканин зародкової частини насіння знижує його здатність до проростання.

Вплив *Stemphylium* на якість зернопродуктів

Особливості впливу на зернопродукти	Опис
Забруднення кінцевої продукції	Уражене зерно може забруднити борошно, крупи або комбікорми спорами, негативно впливаючи на безпечність продукту.
Псування під час зберігання	Продукти зі слідами <i>Stemphylium</i> мають підвищену ймовірність псування під час тривалого зберігання.

Ураження зерна грибами *Stemphylium* становить серйозну загрозу для безпечності харчових продуктів і кормів. Однією з найбільших небезпек є можливість утворення мікотоксинів – токсичних сполук, які продукують деякі види цього гриба. Мікотоксини можуть накопичуватися у зерні та зернопродуктах, становлячи ризик для здоров'я людей і тварин. Потрапляння навіть невеликої кількості таких токсинів у їжу може спричинити гострі отруєння або хронічні захворювання, включаючи онкологічні та імунні порушення.

Крім того, заражене зерно слугує джерелом вторинного забруднення кінцевих продуктів. Спори гриба можуть залишатися у борошні, крупах або кормах, що підвищує ризик псування продуктів під час зберігання. Використання такого зерна у виробництві харчових продуктів не лише знижує їхню якість, але й потребує значних зусиль для дотримання санітарно-гігієнічних норм. Тому важливо проводити ретельний моніторинг якості зерна на всіх етапах – від збирання до переробки та зберігання.



Симптоми плямистості листя та гнилі стебла на ластівці Вілфордській. А, Хворі рослини в теплиці; В, дрібні плями на листках на ранній стадії; С — збільшені ураження із сіро-коричневим центром і темно-фіолетовою облямівкою на пізній стадії; D, Запали чорні плями біля основи хворих стебел

Trichothecium roseum — це гриб, який може виробляти токсин трихотецен, здатний викликати захворювання у людей і тварин. Колонії гриба зазвичай ростуть помірно швидко, мають плоску форму і спочатку білі, але з часом набувають рожевого, рожево-помаранчевого кольору. Конідієносці гриба спершу не відрізняються від вегетативних гіф, але згодом утворюють конідії, розташовані в характерних зигзагоподібних ланцюжках. Кожен конідієносець поступово скорочується при формуванні кожної конідії.

Конідії *Trichothecium roseum* двоклітинні, мають еліпсоїдну або грушоподібну форму, з косо зрізаним базальним рубцем. Вони гіалінові, гладкі або злегка шорсткі, товстостінні. Цей гриб може викликати псування зерна і погіршувати його якість, адже забруднене зерно стає менш придатним для переробки та споживання.

Вплив *Trichothecium roseum* на зерно

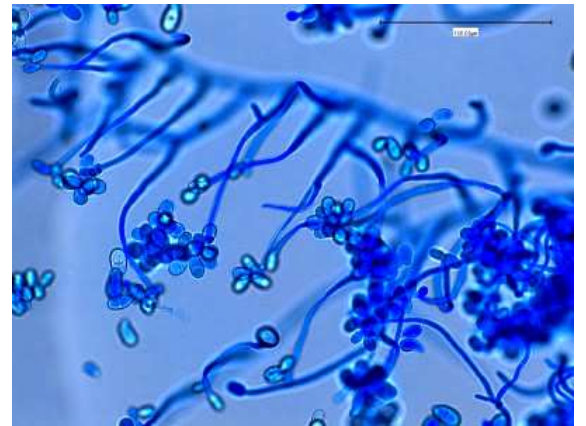
Вплив на зерно	Опис
Псування зерна	Гриб викликає гниття зерна, втрата блиску і утворення плям на поверхні зерна. Зерно стає тьмяним.
Зниження якості зерна	Зараження знижує фізичні і технологічні властивості зерна, роблячи його менш придатним для переробки.
Втрата харчової цінності	Токсини, що виділяються грибом, можуть руйнувати білки та вуглеводи, знижуючи поживну цінність зерна.
Розвиток токсичних метаболітів	Гриб виробляє трихотецени, які є токсинами і можуть шкодити здоров'ю людей та тварин.
Вплив на схожість насіння	Руйнування тканин зародкової частини зерна знижує його здатність до проростання.

Вплив *Trichothecium roseum* на зернопродукти

Вплив на зернопродукти	Опис
Забруднення продукції	Продукти, виготовлені з зараженого зерна, можуть бути забруднені спорами гриба, що впливає на безпеку.
Зниження якості продуктів	Борошно або крупи з зараженого зерна мають нижчу якість і можуть містити токсини, що шкідливі для здоров'я.
Погіршення зберігання	Продукти з зараженого зерна можуть швидше псуватися під час зберігання через наявність грибкових забруднень.
Мікотоксини	Токсини, вироблені грибом, можуть накопичуватись у зернопродуктах і становити загрозу для здоров'я.



Kultur von T. roseum



Conidiophores of T. roseum demonstrating retrogressive conidial development

Defeat corn T. roseum

Botrytis (або сіра пліснява) — це грибкове захворювання, яке активно розвивається на широкому спектрі рослин, включаючи зернові культури. Зазвичай воно проявляється у вологу і прохолодну погоду, що сприяє швидкому поширенню гриба через дощі або високу вологість. Зараження зерна грибом може призвести до серйозних проблем із якістю та безпечністю продукції. *Botrytis* часто стає причиною псування зерна під час зберігання, особливо при недостатній вентиляції або надмірній вологості.

Гриб на зернових може викликати гниття, псування, а також розвиток токсичних сполук, що становлять небезпеку для здоров'я людей і тварин. Ці мікотоксини можуть проникати в зерно і заражати зернопродукти, що значно знижує їх якість і безпеку. Крім того, при високій вологості зерно може почати гнити ще на полі або в коморах, знижуючи схожість насіння та негативно впливаючи на подальшу переробку.

Вплив *Botrytis* на зерно

Вплив на зерно	Опис
Псування зерна	Сіра пліснява викликає гниття зерна, утворюючи на ньому сіро-білий наліт. Зерно втрачає свій блиск та стає тьмяним.
Зниження якості зерна	Гриб пошкоджує зерно, знижуючи його фізичні властивості, що ускладнює подальшу переробку і знижує технологічність.
Погіршення схожості насіння	Гриб може руйнувати тканини зерна, що знижує його здатність до проростання, впливаючи на майбутній урожай.
Розвиток мікотоксинів	<i>Botrytis</i> виробляє мікотоксини, що можуть потрапляти у зерно, що представляє загрозу для здоров'я тварин і людей.

Вплив *Botrytis* на зернопродукти

Вплив на зернопродукти	Опис
Забруднення зернопродуктів	Спори <i>Botrytis</i> можуть забруднити борошно, крупи або комбікорми, що погіршує безпеку готової продукції.
Зниження якості продуктів	Продукти з зараженого зерна будуть мати знижену якість, зокрема через змінений смак, текстуру та наявність токсинів.
Мікотоксини в продуктах	Мікотоксини, що виробляються грибом, можуть потрапляти у зернопродукти, створюючи потенційну небезпеку для споживачів.
Погіршення зберігання	Заражене зерно швидше псується під час зберігання, особливо у вологих умовах, що підвищує ризик псування товару.

Мікотоксини, що утворюються внаслідок зараження *Botrytis*, становлять серйозну загрозу для здоров'я людини і тварин. Вони можуть накопичуватися в зернопродуктах і мати токсичний вплив, якщо їх не виявити вчасно. Це робить необхідним ретельний контроль за якістю зерна під час зберігання та обробки, щоб уникнути попадання токсинів у харчову продукцію.

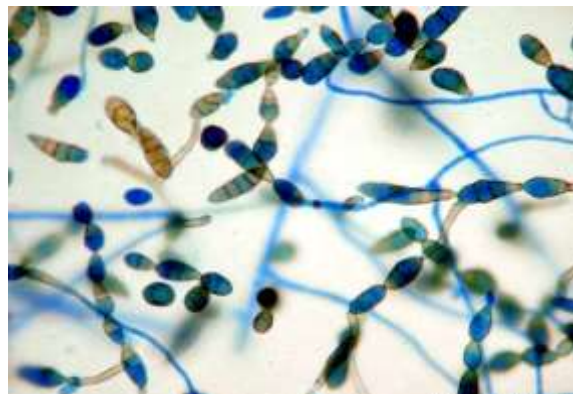
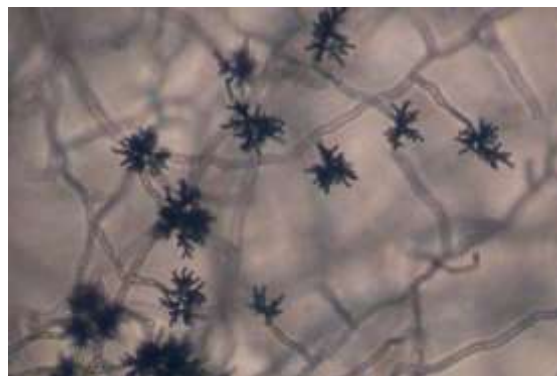
Cladosporium або «чорна цвіль»

Cladosporium, або «чорна цвіль», є одним з найбільш поширених грибів, що передаються повітрям. Цей рід включає близько 500 видів, які можна знайти по всьому світу. *Cladosporium* часто виступає як забруднювач, здатний заражати різні види рослин, включаючи пшеницю та інші злаки, викликаючи хвороби, зокрема маслинову плісняву.

Гриб утворює вегетативні гіфи, конідієносці та конідії, які мають однакову пігментацію. Конідієносці можуть бути прямими або гнучкими, нерозгалуженими або розгалуженими тільки в апікальній частині, іноді з колінчатим симподіальним

подовженням. Конідії утворюються у розгалужених ланцюжках, мають бородавчасту або гладку поверхню і чітко виражений темний гілум, що дозволяє відрізнити їх від інших видів грибів. Колонії *Cladosporium* ростуть повільно, мають оливково-коричневий або чорнувато-коричневий колір, часто стаючи порошкоподібними через велику кількість утворених спор.

Кладоспориозна гниль початку також може розвинути у вигляді темної (від коричневого до зеленого) нечіткої цвілі, що росте на ядрах і між



Cladosporium ear rot on grain

Під час захворювання на зерні з'являються чорні дрібні точки або суцільний чорний наліт, що є характерними ознаками ураження. Хвороба активно розвивається на стеблах, колосках та зерні злакових культур, особливо при високій вологості повітря. Зараження може відбуватися і в зернових коморах, де зберігається зерно. Поширення захворювання відбувається через конідії, які переносяться повітрям. Розвиток хвороби часто починається на солодких виділеннях рослин, де гриби починають активно проростати. Основними сприятливими факторами для розвитку хвороби є висока вологість повітря в полі та високий вміст вологи в зерні під час зберігання.

Вплив *Cladosporium* на зерно

Вплив на зерно	Опис
Псування зерна	<i>Cladosporium</i> викликає чорне забруднення на поверхні зерна, яке може призводити до його гниття і погіршення зовнішнього вигляду.
Зниження якості зерна	Гриб може значно погіршити якість зерна, роблячи його непридатним для подальшої переробки та зберігання.
Мікотоксини	Деякі види <i>Cladosporium</i> можуть виробляти токсини, що небезпечні для здоров'я людей і тварин, знижуючи безпеку кінцевих продуктів.
Зниження схожості насіння	Зараження <i>Cladosporium</i> може пошкоджувати тканини зерна, що знижує його здатність до проростання.

Вплив *Cladosporium* на зернопродукти

Вплив на зернопродукти	Опис
Забруднення продуктів	Борошно та інші зернопродукти, отримані з зараженого зерна, можуть містити спори грибка, що погіршує їх якість.
Мікотоксини в продуктах	Мікотоксини, що утворюються при зараженні грибом, можуть потрапляти в зернопродукти, становлячи загрозу для споживачів.
Погіршення зберігання	Заражене зерно швидше псується при зберіганні, підвищуючи ризик псування та зниження якості товару.

Зараження *Cladosporium* може призвести до розвитку токсичних сполук, що становлять серйозну загрозу для здоров'я, що робить необхідним ретельний

контроль за якістю зерна та зернопродуктів, щоб уникнути забруднення токсинами та забезпечити безпеку кінцевої продукції.

Phoma

Рід *Phoma* — це широко розповсюджений у світі гриб, що належить до класу недосконалих грибів (*Deuteromycota*). На відміну від гіфоміцетів, які найчастіше зустрічаються під час аналізу повітря в приміщенні, *Phoma* формує свої спори, або конідії, в закритих структурах — пікнідах, які мають круглу або грушоподібну форму, темно-коричневий або чорний колір і оснащені невеликим отвором (остиолою) для вивільнення спор. Конідії *Phoma* — одноклітинні, прозорі, з еліпсоїдною або циліндричною формою.

Колонії цього роду грибів можуть варіюватися за швидкістю росту і текстурою — від пудроподібної до оксамитової. Їх колір часто оливково-зелений, хоча може змінюватися залежно від виду. *Phoma* також є збудником хвороби соняшника, що супроводжується характерними симптомами:

- ✓ порожнисті, недорозвинуті та тьмяні насінини;
- ✓ темно-коричневі вдавнені плями на серцевині насіння;
- ✓ утворення пікнід на оболонці насіння.

Пікніди цього гриба формуються як великі, темно забарвлені кулясті або грушоподібні структури з тонкими або шкірястими стінками. У їх внутрішніх порожнинах розвиваються конідії на фіалідах — тонких ниткоподібних утворах, що майже не відрізняються від клітин стінок пікніди. Конідії можуть утворюватися у великих кількостях і часто виділяються у вигляді слизової маси через остиолу.

Інфекція починається через аскоспори, які утворюються у псевдотеціях на залишках рослин після їх дозрівання. Аскоспори потребують високої вологості або наявності води на поверхні листя чи сім'ядолей для проникнення в тканини рослини. Перші ознаки ураження з'являються у вигляді блідих плям на листках, з яких гриб поступово поширюється через черешок до стебла. Плямистість листя

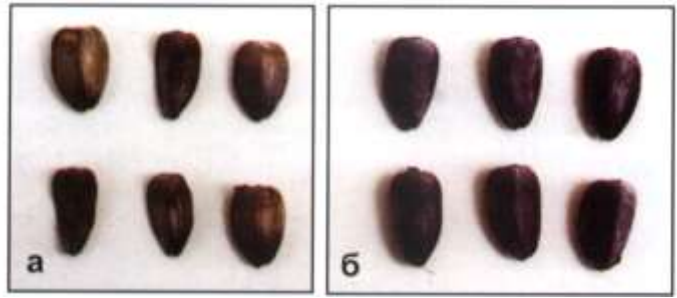
також може слугувати джерелом вторинних інфекцій завдяки утворенню пікнід, які випускають нові конідії. Це сприяє подальшому поширенню хвороби.

Вплив гриба *Phoma* на насіння та зернопродукти

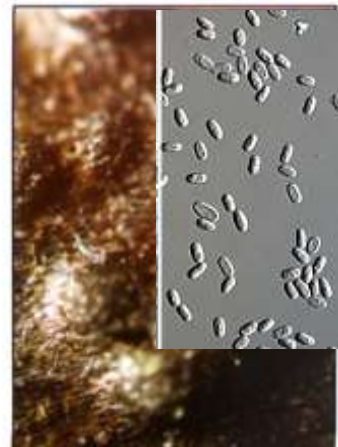
Аспект впливу	Прояви та наслідки
Зниження якості насіння	Недорозвинуте, порожнє або тьмяне насіння зниженого поживного значення.
Мікотоксини	Потенційне накопичення токсичних речовин, які можуть бути небезпечними для здоров'я.
Зараження інших партій	Поширення конідій на здорові партії насіння або зернопродуктів під час зберігання.
Зменшення врожайності	Ураження посівів призводить до зменшення кількості якісного насіння.
Втрата споживчої вартості	Утворення темних плям і погіршення вигляду робить насіння непридатними для продажу.

Рекомендовані заходи для контролю гриба *Phoma* в насінні та зернопродуктах

Етап	Заходи контролю
Агротехнічні заходи	✓ сівозміна для зменшення кількості рослинних решток, заражених грибом.
	✓ використання стійких сортів рослин.
Моніторинг і діагностика	✓ регулярний контроль стану посівів на наявність симптомів.
	✓ лабораторний аналіз насіння на наявність спор гриба.
Захист під час вирощування	✓ застосування фунгіцидів для запобігання поширенню інфекції.
Зберігання насіння	✓ сушіння насіння до рівня вологості не більше 12%.
	✓ зберігання у сухих, добре вентильованих приміщеннях.
	✓ використання герметичних упаковок для уникнення повторного зараження.
Санітарні заходи	✓ очищення та дезінфекція обладнання, сховищ та транспортних засобів.
Обробка насіння перед посівом	✓ використання протруйників для знищення спор гриба на поверхні насіння.
Утилізація ураженого насіння	✓ видалення та знищення заражених партій для запобігання поширенню хвороби.



Culture of Phoma



Spores of Phoma

Гриб *Phoma* зимує у тканинах стовбура, інкубуючись в умовах м'якої зими. З настанням весни ураження проявляється у вигляді виразок на основі стовбура (крони) та верхній частині стебла. На початку сезону інфекція часто вражає сім'ядолі та листя, де формуються бліді плями. Через черешки інфекція поширюється до стебла, утворюючи найбільш шкідливі виразки біля його основи,

що суттєво порушують транспорт поживних речовин і води. Виразки на стеблах прогресують, створюючи зони некрозу, які знижують механічну стійкість рослини. Ураження верхньої частини стебла додатково уповільнює ріст і розвиток. Як наслідок, знижується врожайність через порушення транспортних функцій, уражені тканини стають вразливими до вторинних інфекцій, а тривалість життя рослин скорочується через загальне ослаблення структури стебла (рис. 7).

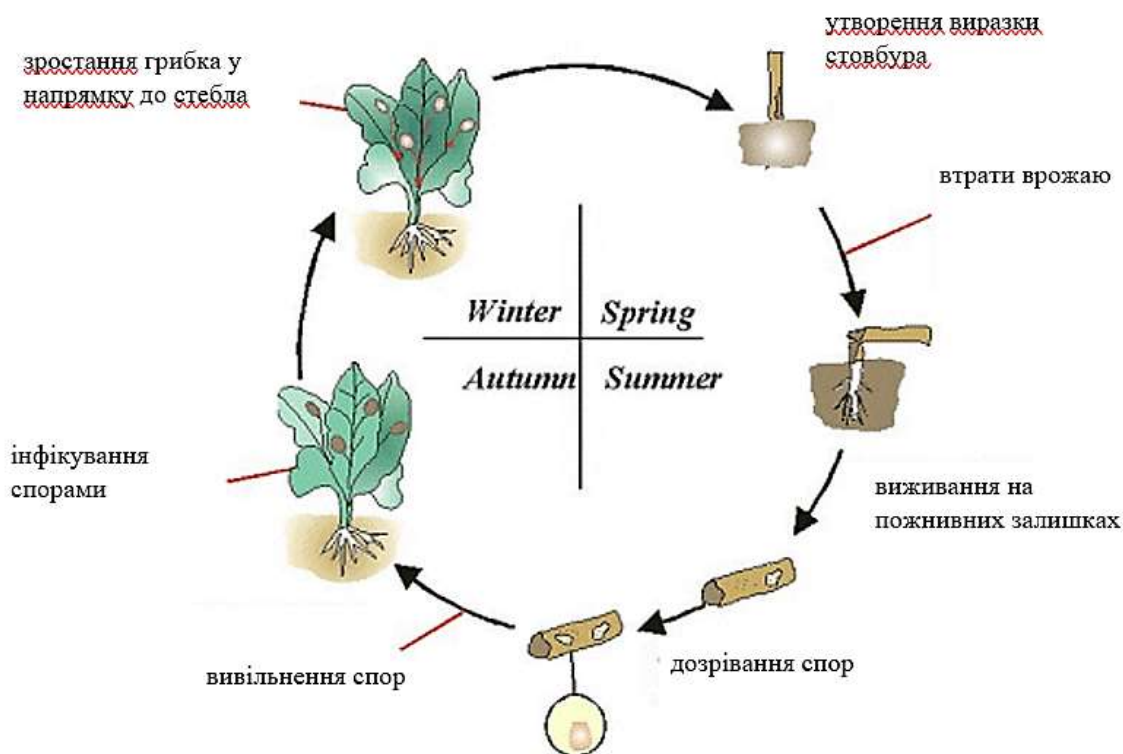


Рис. 7. Життєвий цикл *Phoma*

Альтернاریоз

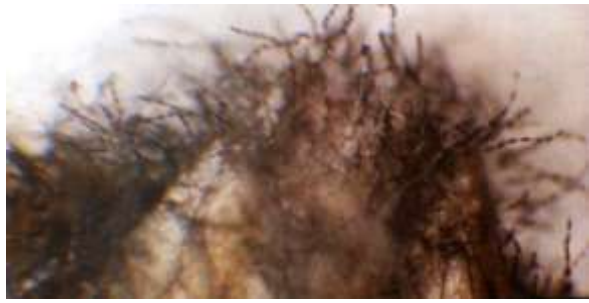
Альтернاریоз є грибковим захворюванням, яке вражає всі види зернових культур, найчастіше пшеницю та ячмінь. Вівсяні зерна також можуть зазнавати змін кольору через ураження цими грибами. Збудником є гриб *Alternaria spp.*, що належить до класу *Deuteromycota* — грибів без статевої стадії розмноження.

Спори *Alternaria* утворюються в ланцюжках або розгалужених структурах, мають багатоклітинну будову і пігментовану поверхню. Вони легко розпізнаються за характерною формою: ширші біля основи та поступово звужуються до витягнутого "дзьоба". Спори поширюються переважно повітряно-

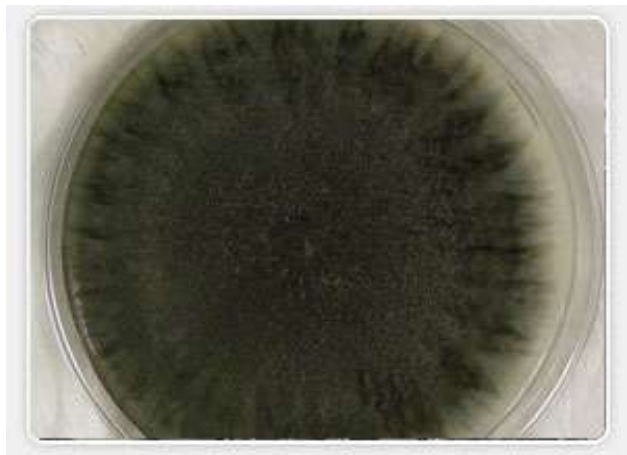
крапельним шляхом, а також за допомогою потоків води. Найвища активність інфікування спостерігається в умовах високої вологості або частих опадів, особливо в період молочної стиглості зерна. Великі зерна більш вразливі до ураження через відкриту структуру квітки, яка полегшує доступ спор до зародкового кінця зерна.

Вплив на якість зерна та зернопродуктів

Аспект	Деталі
Вплив на урожайність	Альтернаріоз рідко спричиняє значне зниження врожайності, але його вплив на якість зерна може бути критичним
Погіршення якості зерна	✓ зміна кольору зерна, особливо у твердій пшениці, негативно впливає на показники помелу
	✓ погіршення кольору борошна, висівок та крупи, що може спричинити економічні втрати через зниження якості продукції
	✓ висівки та відходи з ураженого зерна можуть бути непридатними для використання як корм через можливу наявність токсичних сполук
Безпечність зерна, борошна, круп та кормів	
Мікотоксини	✓ спори <i>Alternaria spp.</i> можуть продукувати токсичні речовини, такі як альтернаріол, що потенційно небезпечний для людей і тварин
Ризики для зернопродуктів	✓ уражене зерно може містити мікотоксини, що є проблемою для харчової та кормової промисловості
	✓ борошно, виготовлене з ураженого зерна, може бути непридатним для випічки через зміну кольору та зниження якості
	✓ крупи, особливо перлові або пшеничні, можуть мати відхилення в текстурі та кольорі
Кормова безпека	✓ використання уражених зерен для кормів може спричинити зниження продуктивності тварин, ураження шлунково-кишкового тракту або інтоксикацію через мікотоксини.



Conidia at the end of the embryonic grain, ×40



Culture of Alternaria

Чорна точка викликає зміну кольору ембріональної області зерна пшениці. Викликається кількома грибами, включаючи Alternaria, коли волога погода збігається з дозріванням зерна

Гриб *Alternaria* зимує у формі спор (конідій) або міцелію, які залишаються у залишках рослин, ґрунті або на поверхні насіння. Спори можуть зберігати життєздатність тривалий час, навіть за несприятливих умов, що забезпечує виживання гриба до настання сприятливих умов.

Навесні, коли підвищується температура і вологість, спори починають активно поширюватися. Основним механізмом розповсюдження є повітряно-крапельний шлях, хоча перенесення можливе і потоками води. Спори можуть осідати на рослини через дощ, вітер або механічний контакт (рис. 8).

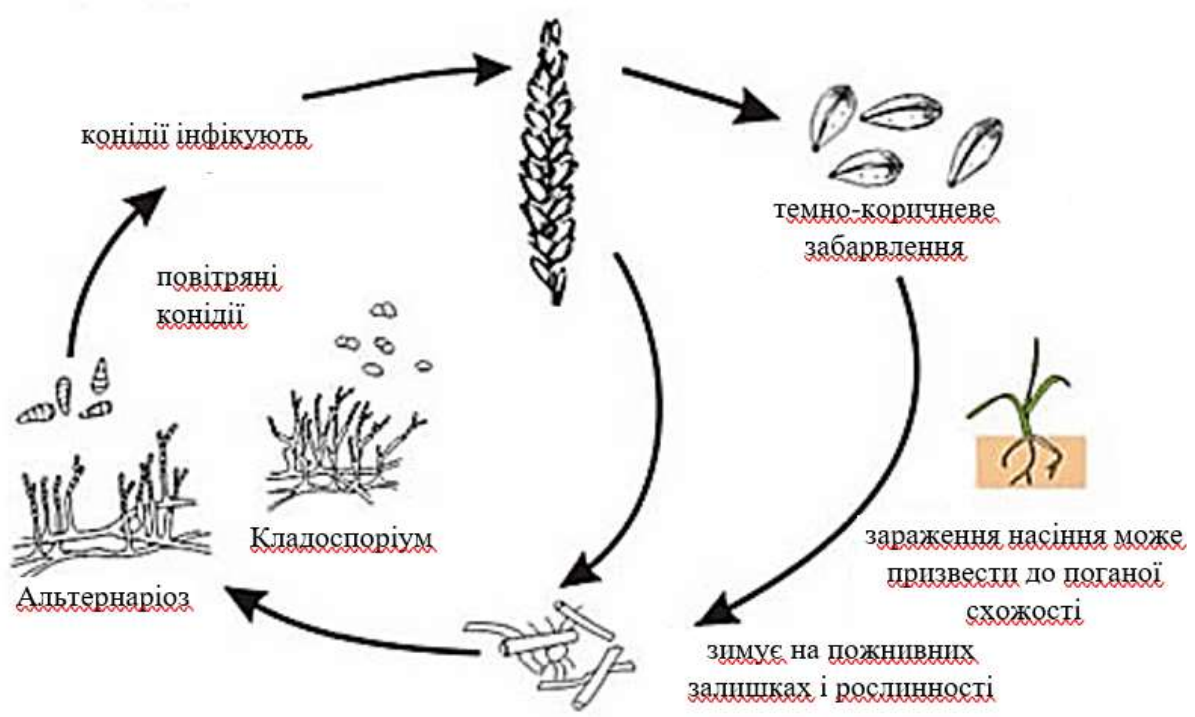


Рис. 8. Життєвий цикл *Alternaria*

Спори, що осідають на поверхні рослини, проростають за наявності високої вологості. Вони проникають у тканини рослини через природні отвори (стоматальні щілини) або пошкодження. Гриб починає рости всередині тканин, використовуючи ресурси рослини для свого розвитку.

Гриб розвивається у тканинах рослини, викликаючи утворення некрозів, плям або виразок. У процесі розкладання тканин рослини виділяються ферменти

та токсини, які сприяють поширенню інфекції. Ураження можуть проявлятися на листях, стеблах, колосках або насінні.

На уражених тканинах гриб формує нові спори (*конідії*), які утворюються у вигляді ланцюжків. Вони є багатоклітинними, пігментованими і готовими до подальшого поширення. Ця стадія є завершальною в циклі і забезпечує повторення процесу.

Спори, що утворилися, разносяться вітром, водою або через контакт із зараженими рослинами, ініціюючи новий цикл інфекції. У сприятливих умовах цикл повторюється кілька разів за сезон, що призводить до значного ураження посівів.

Гельмінтоспоріоз

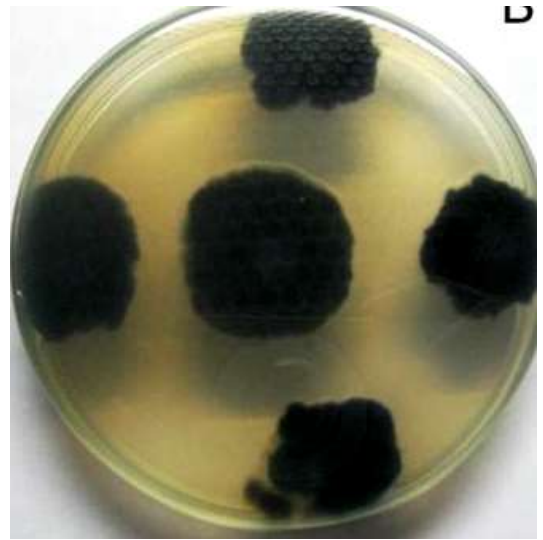
Гельмінтоспоріоз — це грибкове захворювання, викликане недосконалим грибом роду *Helminthosporium*, що вражає зернові колосові культури, зокрема пшеницю, ячмінь та жито. Спори гриба активно розповсюджуються вітром, особливо під час періоду цвітіння рослин, коли вологість і температура сприяють їх проростанню. Це призводить до зараження не лише рослини, а й її зерна.

Гриб проникає в оболонку насіння, а при ранньому зараженні може вражати ендосперм і ядро зерна. Це захворювання часто розвивається між клітинами рослин і в зерні, що особливо небезпечно для зберігання врожаю. Збудники гельмінтоспоріозу виробляють токсини, що можуть викликати інтоксикацію у людини при споживанні зараженого зерна, а також призводити до розвитку різних захворювань.

Спори гриба проростають за температури від +6 до +40°C і високої вологості. Колонії *Helminthosporium* швидко ростуть і можуть мати вигляд пухнастих, коричневих або чорних утворень. Спори цього гриба, як правило, циліндричної або підциліндричної форми, з гладкими стінками і утворюються через пори на конідієносці. Конідії мають поперечні перегородки, причому перша перегородка утворюється під час дозрівання спори.

Вплив *Helminthosporium* на зерно та зернопродукти

Категорія	Вплив на зерно та зернопродукти
Зерно	✓ грибкове ураження зерна може призвести до змін у зовнішньому вигляді, зниження якості та схожості насіння.
	✓ інфіковані зерна часто мають пошкоджені оболонки, що сприяє проникненню грибка в ендосперм і ядро зерна.
Борошно	✓ зниження якості борошна, яке може мати неприємний запах або змінений колір через наявність грибкових токсинів.
	✓ може спричинити зниження помельних властивостей, що впливає на якість готового продукту.
Крупи	✓ уражене зерно може призвести до змін у текстурі та кольорі крупи, що знижує її якість.
	✓ можливе утворення токсичних сполук, що робить крупи непридатними для споживання або обробки.
Кормові продукти	✓ використання зараженого зерна для кормів може призвести до отруєнь тварин через наявність мікотоксинів.
	✓ знижена ефективність кормів через зменшення поживної цінності та токсичний вплив на тварин, що може викликати захворювання шлунково-кишкового тракту, порушення апетиту та зниження продуктивності тварин.
Мікотоксини	✓ спори <i>Helminthosporium</i> можуть продукувати токсичні речовини, такі як альтернаріол, які є небезпечними для людей і тварин.
	✓ наявність мікотоксинів у зараженому зерні і зернопродуктах може спричинити серйозні проблеми для харчової і кормової промисловості, включаючи інтоксикацію та негативний вплив на здоров'я.



Culture of Helminthosporium



Sporulation of Bipolaris sorokiniana



Conidia at the end of the embryonic grain, ×40



Порівняльний опис впливу різних типів цвілі на зерно та зернопродукти з урахуванням загального (однакового) та специфічного (особистого) впливу кожного типу цвілі

Тип цвілі	Загальний (однаковий) вплив	Специфічний (особистий) вплив
Aspergillus	<ul style="list-style-type: none"> - утворення мікотоксинів, що погіршує безпечність зернопродуктів. - погіршення органолептичних властивостей (смаку, запаху). - зниження поживної цінності. 	<ul style="list-style-type: none"> - утворення афлатоксинів, які є потужними канцерогенами. - афлатоксини впливають на печінку, викликають онкологічні захворювання у тварин і людей.
Penicillium	<ul style="list-style-type: none"> - погіршення органолептичних властивостей продукції. - зниження схожості та якості насіння. - утворення токсичних речовин. 	<ul style="list-style-type: none"> - утворення пеніцилінів та охратоксинів, які негативно впливають на нирки і печінку. - охратоксини особливо небезпечні для здоров'я через тривалий період напіврозпаду в організмі.
Fusarium	<ul style="list-style-type: none"> - утворення мікотоксинів, які знижують якість зерна та продукції з нього. - погіршення смакових та технологічних властивостей продукції. 	<ul style="list-style-type: none"> - утворення трихотеценів і фумонізинів, які є потужними токсинами. - фумонізени можуть викликати рак стравоходу. - трихотецени спричиняють порушення роботи імунної системи.
Alternaria	<ul style="list-style-type: none"> - зниження якості та збереженості зерна через утворення токсичних метаболітів. - погіршення зовнішнього вигляду зерна та готових продуктів. 	<ul style="list-style-type: none"> - утворення альтернатоксинів, що є потенційними канцерогенами. - можливе утворення мутагенної дії, яка може впливати на генетичний матеріал організму.
Cladosporium	<ul style="list-style-type: none"> - погіршення органолептичних властивостей та 	<ul style="list-style-type: none"> - часто викликає алергічні реакції при контакті зі спорами. - може спричинити руйнування

	зовнішнього вигляду зерна. - зниження збереженості та поживної цінності продукції.	продукту під час зберігання, не утворюючи значної кількості токсинів.
Rhizopus	- погіршення органолептичних властивостей (смак, запах). - зниження поживної цінності через втрати зерна.	- може спричинити утворення неприємного запаху через гниття. - інтенсивно розмножується в умовах підвищеної вологості, що може спричинити масове псування зернових продуктів.
Mucor	- погіршення зовнішнього вигляду зерна. - зниження поживної цінності через розвиток гнильних процесів.	- може викликати утворення сторонніх запахів, що погіршує якість кінцевого продукту. - інтенсивний розвиток у вологих умовах може призвести до значних втрат продукції через швидке поширення.

Факторами, що впливають на утворення цвілі на зерні

Фактори	Загальні фактори	Особливі фактори
Вологість зерна	- підвищена вологість зерна (понад 14%) створює сприятливі умови для розвитку всіх видів цвілі.	- <i>Fusarium</i> розвивається за вологості понад 18% - <i>Aspergillus</i> може розвиватися за відносно низької вологості (12-14%)
Температура зберігання	- оптимальна температура для розвитку більшості цвілей — від 20 до 30 °C. - занадто низькі чи високі температури пригнічують ріст цвілі.	- <i>Aspergillus</i> розвивається при температурах до 40 °C. - <i>Penicillium</i> може розвиватися при нижчих температурах (0–10 °C).
Вологість повітря	- висока відносна вологість повітря сприяє утворенню цвілі.	- <i>Fusarium</i> потребує відносної вологості понад 80% - <i>Penicillium</i> може розвиватися навіть за середньої вологості (60-70%).

Стан зерна	- пошкоджене або тріснуте зерно більше піддається зараженню цвіллю.	- Cladosporium та Rhizopus швидко поширюються на механічно пошкодженому зерні. - Fusarium активно розвивається на пошкодженому зерні.
Час зберігання	- чим довше зерно зберігається за несприятливих умов, тим більше ймовірність утворення цвілі.	- Деякі цвілі, як Mucor, можуть розвиватися швидше навіть за короткий термін зберігання у вологих умовах.
Наявність кисню	- більшість цвілі потребує кисню для розвитку (аеробні умови).	- Fusarium та Aspergillus більш стійкі до коливань кисню у порівнянні з іншими цвілевими грибами.
Забруднення насіння	- присутність органічних решток, пилу, бруду сприяє утворенню цвілі.	- Rhizopus інтенсивно розвивається в умовах значної кількості органічних домішок.
Рівень рН	- цвілі переважно розвиваються у нейтральному або слабо кислих умовах (рН 4-7).	- Penicillium і Aspergillus можуть розвиватися у більш кислому середовищі (рН 3-5)

Характеристика хвороб зерна, спричинених фітопатогенними мікроорганізмами

Хвороби зерна, спричинені фітопатогенними мікроорганізмами, не лише знижують врожайність та якість зерна, але й мають суттєвий вплив на безпечність продуктів переробки зерна. Грибкові інфекції, такі як фузаріоз, альтернаріоз, гельмінтоспоріоз та сажка, можуть призвести до утворення мікотоксинів — токсичних речовин, які накопичуються в зерні та зернопродуктах, таких як борошно, крупи та корм. Мікотоксини, зокрема фумонізени, альтернаріол та деоксиніваленол, можуть бути небезпечними для людей і тварин, викликаючи інтоксикації, порушення роботи шлунково-кишкового тракту, проблеми з печінкою, а також мають канцерогенний ефект при тривалому споживанні. В

результаті, заражене зерно стає непридатним для споживання або обробки, що може призвести до економічних збитків у харчовій та кормовій промисловості.

Бактеріальні хвороби, такі як бактеріальний опік, також погіршують якість зерна та можуть спричинити розвиток шкідливих бактерій, що негативно впливають на безпечність харчових продуктів. Продукти переробки, отримані з зараженого зерна, можуть містити патогенні мікроорганізми, що становлять ризик для здоров'я людини та тварин. Ось чому своєчасне виявлення та боротьба з фітопатогенними мікроорганізмами є необхідними для забезпечення безпечності зерна, борошна, круп і кормів, а також для збереження їх якості та харчових властивостей.

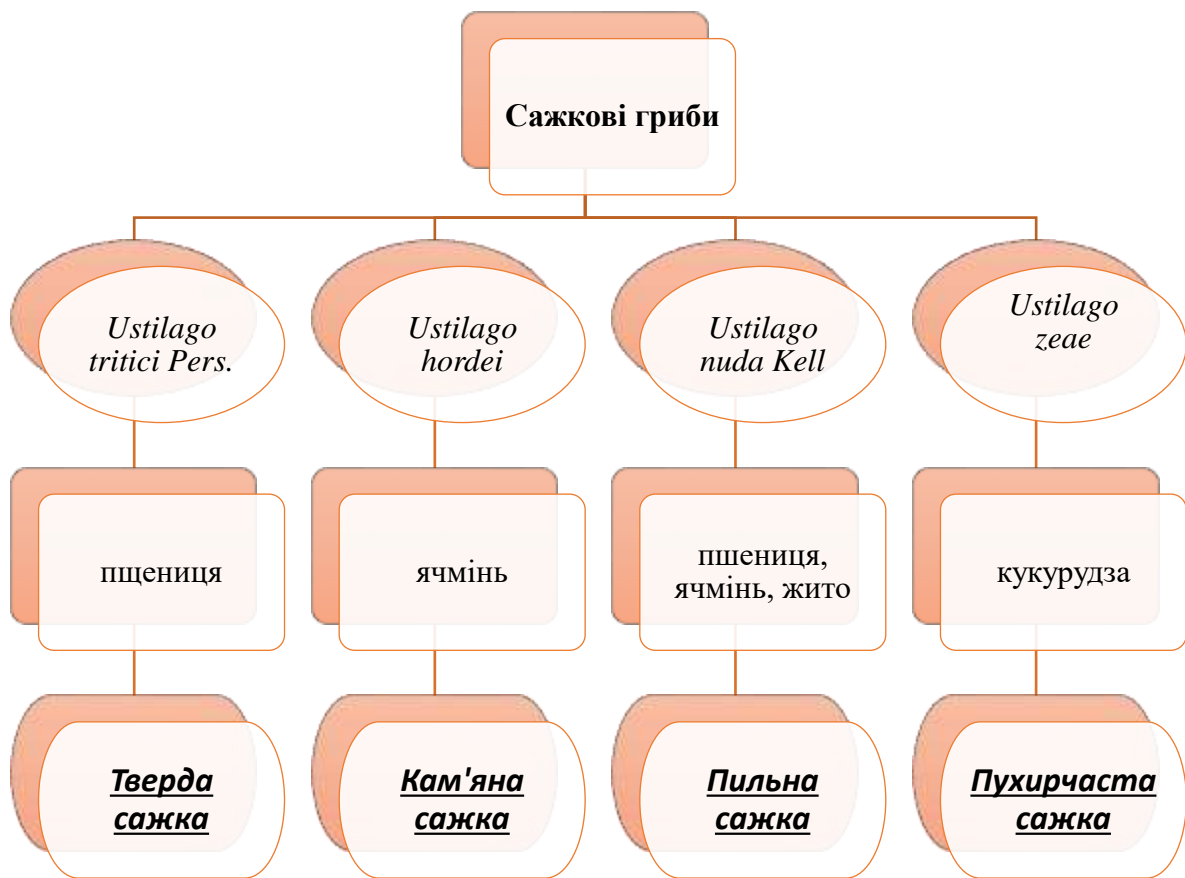
Сажка

Сажкові гриби (Basidiomycota - порядок Ustilaginales) є одними з найбільш поширених фітопатогенів серед зернових культур, зокрема в родинях злакових (Gramineae) та осокових (Cyperaceae). Це група близько 1000 видів, які паразитують на різних частинах рослин, утворюючи вражаючі маси чорних порошкоподібних спор, званих теліоспорами. Ці спори часто замінюють зерно або інші органи рослини, такі як пиляки, на яких утворюються теліоспори, що дає назву групі. Сажкові гриби інфікують рослини через контакт з їхніми репродуктивними органами, наприклад, через пиляки або колосся, де гриби починають своє паразитичне розвиток.

В результаті інфекції замість звичайних зерен у зернових культурах формуються чорні, порошкоподібні маси спорових тіл, що негативно позначається на врожайності та якості продукції. Зерно, заражене сажковими грибами, втрачає свою схожість і не може бути використане для подальшого посіву. Крім того, це зерно часто має змінений склад, що робить його непридатним для харчових цілей. У деяких випадках сажкові гриби можуть виробляти токсини, що становлять небезпеку для здоров'я людини та тварин.

Безпечність зерна та зернопродуктів, заражених сажковими грибами, є серйозною проблемою. Інфіковане зерно може бути непридатним для харчових потреб або переробки, а також для використання в кормовому виробництві.

Потрібно вчасно виявляти інфекції і вживати відповідні заходи контролю, щоб запобігти поширенню цих грибів, зберігаючи при цьому якість та безпечність зернових продуктів.

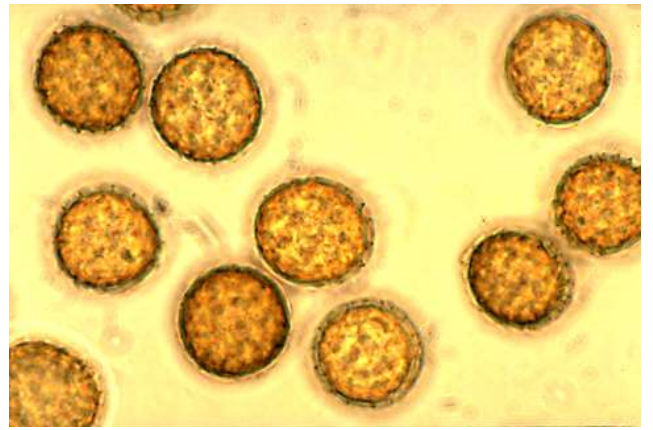


Тверда сажка пшениці проявляється на етапі дозрівання колосів. Замість звичних зерен на рослині утворюються чорні або темно-коричневі утворення, які є масою теліоспор. Ці спори є основними джерелами інфекції. Під час дозрівання зерна на них можуть утворюватися численні чорні пухирці, що забруднюють колос. Заражене зерно має змінений вигляд і втрату харчових властивостей, що значно знижує якість продукції (рис. 9).

Ustilago tritici не виробляє токсичних сполук, які можуть безпосередньо бути небезпечними для здоров'я людини чи тварин. Проте заражене зерно втрачає свою схожість і поживні властивості. Зазвичай заражене зерно не може бути використане для посіву, оскільки втрачається здатність до проростання. Крім того, пошкоджене зерно призводить до погіршення якості борошна, що використовується в харчовій промисловості.

Вплив твердої сажки пшениці (*Ustilago tritici Pers.*) на зерно та продукти його переробки

Категорія	Вплив на якість та безпечність
Зерно	✓ заражене зерно замінюється чорними теліоспорами, які повністю знищують поживну цінність
	✓ втрата схожості, що робить його непридатним для посіву
	✓ зміна зовнішнього вигляду, що знижує товарну цінність
Борошно	✓ борошно, виготовлене з ураженого зерна, має знижені помольні властивості
	✓ може містити залишки теліоспор, що погіршують органолептичні властивості (запах, смак) готового продукту
	✓ непридатне для використання у випічці через зміну текстури та кольору
Крупи	✓ уражене зерно при переробці на крупи змінює їх текстуру, колір та смакові характеристики
	✓ можливе механічне забруднення круп теліоспорами гриба, що знижує якість та безпечність
Кормові продукти	✓ заражене зерно непридатне для годівлі через втрату поживних речовин та потенційне накопичення небезпечних сполук
	✓ може спричинити зниження продуктивності тварин та захворювання шлунково-кишкового тракту
Загальні ризики	✓ не містить токсичних сполук, але непридатне для харчової та кормової промисловості через втрату якості
	✓ може забруднювати обробні лінії та обладнання спорами, що підвищує ризик зараження іншої продукції



Teliospores of Tilletia tritici (syn. T. caries)



Dark masses of Ustilago tritici Pers. teliospores released from bunt balls



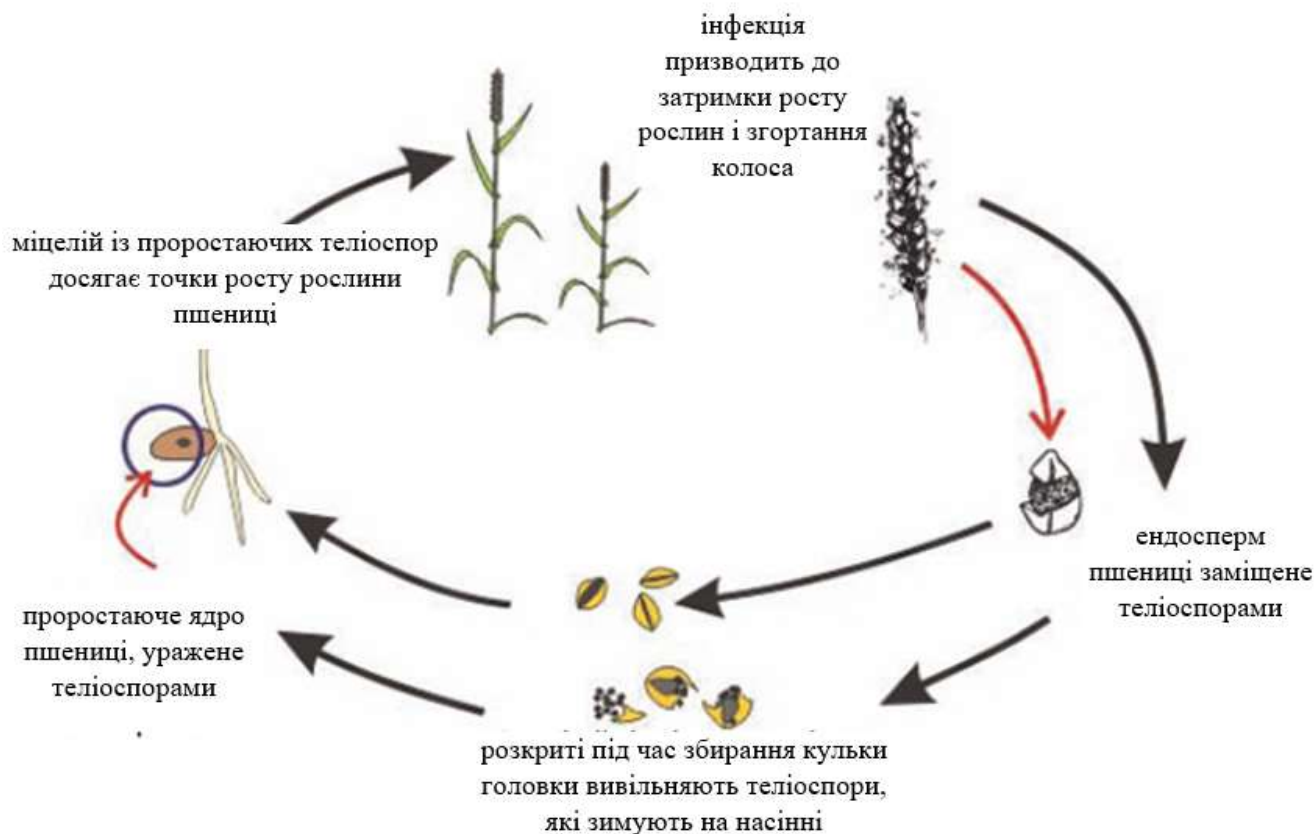


Рис. 9. Життєвий цикл *Ustilago tritici* Pers.

Зараження пшениці відбувається під час проростання насіння. Теліоспори гриба, що знаходяться на поверхні насіння або в ґрунті, проростають у вигляді гіфів. Ці гіфи проникають у молодий паросток, досягаючи точки росту зародка. На цьому етапі інфекція залишається латентною, тобто не проявляється зовнішньо.

Під час вегетації рослини гриб росте разом із пшеницею, залишаючись прихованим у тканинах. Грибкові гіфи мігрують до точки росту, але не викликають помітних симптомів до початку формування колоса.

На стадії цвітіння інфекція стає очевидною. Замість нормального зерна утворюється маса чорного порошку – теліоспори. Вони зберігаються в колосі й можуть легко розноситися вітром, заражаючи інші рослини.

Теліоспори розповсюджуються на здорові рослини, переважно через повітря, досягаючи сусідніх полів. У разі зберігання зараженого зерна спори можуть контамінувати зерносховище, створюючи ризик для інших партій зерна.

У зерносховищі теліоспори *Ustilago tritici* можуть зберігатися протягом кількох років. Зараження інших партій зерна можливе через контакти з ураженим матеріалом. При підвищеній вологості або температурі спори активізуються, що створює ризик повторної інфекції в майбутніх посівах. Уражене зерно втрачає схожість і якість, що знижує його цінність як посівного матеріалу.

Для запобігання поширенню інфекції в зерносховищах необхідно дотримуватися таких заходів:

- ✓ зберігати зерно за вологості не вище 12%.
- ✓ використовувати оброблені фунгіцидами насіннєві партії.
- ✓ регулярно дезінфікувати сховища, обладнання та контейнери.

Ustilago hordei — культуроспецифічний збудник, який переважно вражає ячмінь і овес **кам'яною сажкою**. Хвороба викликає значні втрати врожаю через ураження колосся, замінюючи зерна масою чорних спор.

До моменту появи колоса хвороба не проявляє видимих симптомів. Після виходу колоса уражені колосся виглядають нормальними, але зерна в них вкриті тонкою прозорою мембраною. Під цією оболонкою замість зерен знаходиться маса чорних спор. Мембрана легко розривається, і спори вивільняються, що робить симптоми схожими на пухку сажку.

Спори гриба можуть поширюватися кількома способами:

- ✓ частина спор розноситься вітром, заражаючи сусідні рослини
- ✓ більшість спор залишаються під мембраною до збирання врожаю. під час обмолоту вони вивільняються і контамінують навколишнє насіння.

Зараження відбувається, коли спори, що осіли на поверхні насіння, проростають після висіву. Грибок потім розвивається разом із рослиною, досягаючи точки росту і знову уражаючи колос, що формується (рис. 10).

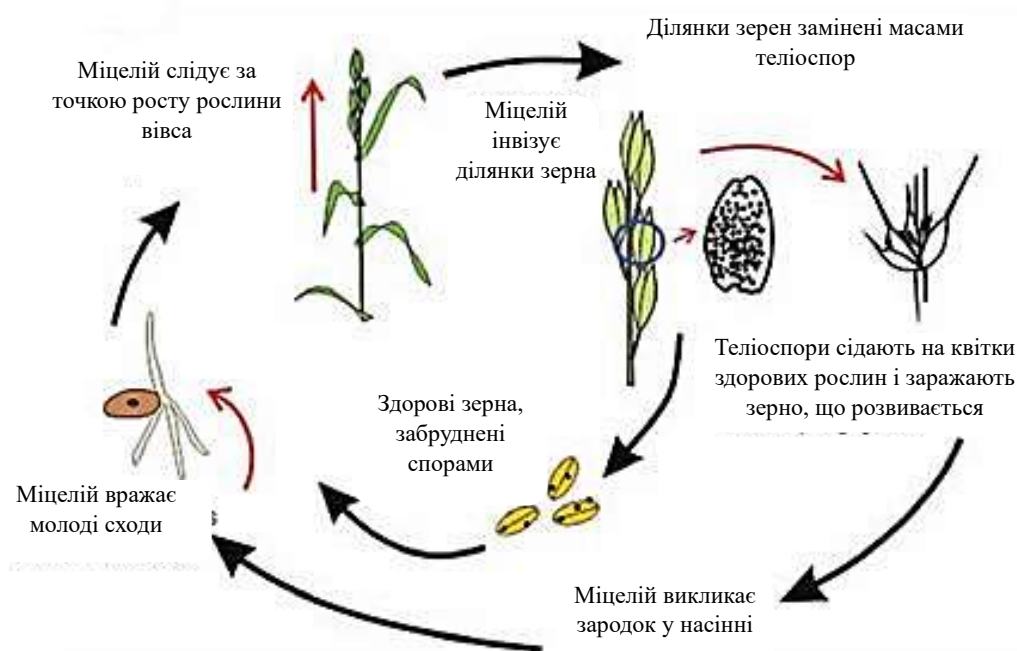


Рис. 10. Життєвий цикл *Ustilago hordei*

Цикл розвитку грибка починається з ураження насіння. Після збору врожаю спори залишаються на поверхні зерен у стані спокою. Ця фаза триває до моменту висіву, коли створюються сприятливі умови для їх проростання.

Після висіву спори проростають і заражають молоді паростки, що розвиваються. Грибок проникає в тканини рослини через первинний корінь або колеоптіль, інтегруючись у точку росту рослини.

У період вегетації гриб перебуває у латентному стані, розвиваючись разом із рослиною без видимих симптомів. Збудник поширюється через судинну систему, рухаючись до точки росту.

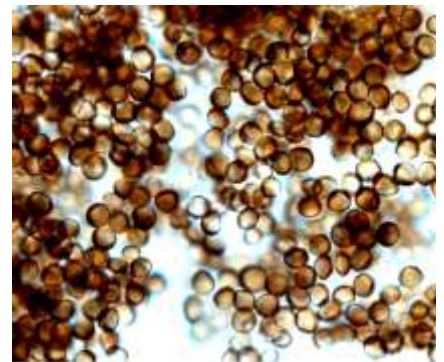
При формуванні колоса гриб активізується та колонізує розвиваючі зерна. Замість нормального зерна утворюються маси чорних спор, вкриті тонкою мембраною. Зовнішній вигляд колоса залишається нормальним, але під час дозрівання оболонка легко розривається, звільняючи спори.

Під час збирання врожаю або обмолоту спори розносяться вітром або забруднюють сусіднє насіння. Також можливе зараження нових посівів під час

використання контамінованого насіння. Цей цикл повторюється знову при наступному посіві.

Вплив кам'яної сажки (*Ustilago hordei*) на зерно та продукти переробки

Категорія	Вплив на продукцію
Зерно	<ul style="list-style-type: none">✓ заміна зерна масою чорних спор, що значно знижує врожайність.✓ контамінація насіння спорами під час обмолоту, що унеможлиблює його використання для посіву✓ знижена якість.
Борошно	<ul style="list-style-type: none">✓ спори, що потрапили в борошно, можуть викликати зміну кольору (темний відтінок)✓ можливе погіршення органолептичних властивостей (смак, запах)✓ знижена безпечність
Крупи	<ul style="list-style-type: none">✓ погіршення зовнішнього вигляду крупи через контамінацію спорами✓ непридатність до споживання через токсичні властивості спор
Кормові продукти	<ul style="list-style-type: none">✓ використання зараженого зерна для кормів може призводити до отруєння тварин через токсичні сполуки, що містяться у спорах✓ зниження продуктивності тварин
Безпечність	<ul style="list-style-type: none">✓ спори кам'яної сажки можуть бути джерелом мікотоксинів, що становлять ризик для здоров'я людей і тварин✓ забруднені продукти вимагають утилізації, щоб уникнути інтоксикацій



Пильна сажка викликається грибом *Ustilago nuda*, який паразитує переважно на злакових культурах, зокрема пшениці, ячмені, вівсі та жита. Захворювання проявляється у вигляді чорного пилоподібного нальоту, що складається зі спор гриба, які замінюють нормальні зерна на колосках. Гриб характеризується здатністю поширюватися повітряно-крапельним шляхом та через заражене насіння.

На ранніх стадіях розвитку рослини симптоми не спостерігаються. Захворювання стає помітним лише під час формування колоса. Замість зерен утворюються маси чорних спор, які легко розпорощуються, залишаючи лише стрижень колоса. Уражені колоски часто виглядають витягнутими та мають дещо деформовану форму (рис. 11).

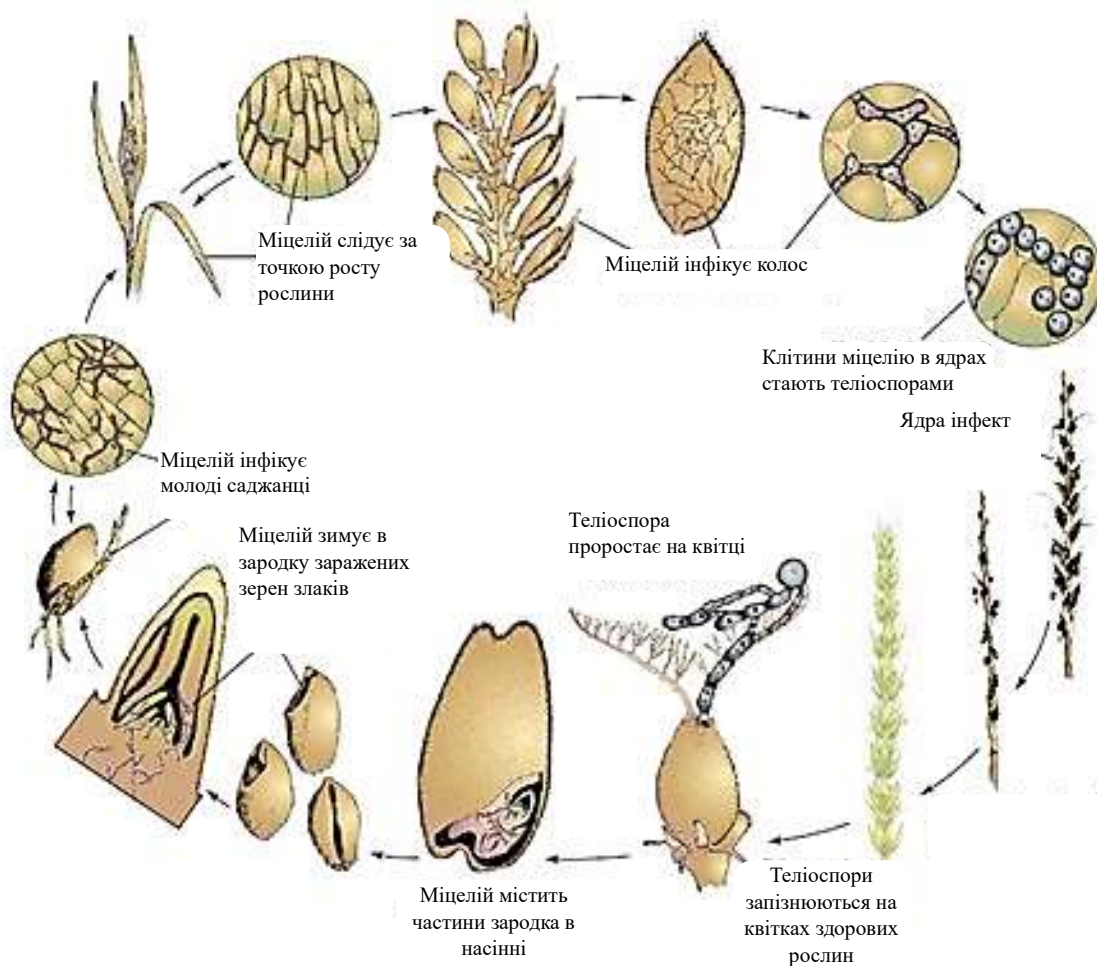


Рис. 11. Життєвий цикл *Ustilago nuda*

Вплив та безпечність *Ustilago nuda* на зерно та зернопродукти

Категорія	Вплив на якість продукту	Безпечність продуктів
Зерно	✓ зерно замінюється на масу чорних спор	✓ спори зберігають життєздатність понад 3 роки, створюючи ризик подальшого зараження
	✓ значне зниження схожості зараженого насіння	✓ забруднення насіння спорами ускладнює очищення та підготовку до посіву
Борошно	✓ зниження якості борошна через наявність спор, що надають темний колір і неприємний запах	✓ спори передають специфічний запах хлібу, випеченому з такого борошна, що робить його непридатним для споживання

Крупи	✓ висока контамінація круп спорами, які можуть викликати проблеми у процесі обробки та споживання	✓ ураження крупи спорами робить її непридатною для споживання через ризик шкідливого впливу на здоров'я
Кормові продукти	✓ утворення спор у кормовому зерні може знижувати поживну цінність кормів	✓ викликає подразнення слизових оболонок, функціональні розлади кишечника у тварин і ризик закупорки кровоносних судин
Безпечність	✓ спори можуть викликати подразнення слизових оболонок та порушення травлення у людей і тварин	✓ забруднене зерно вимагає ретельного очищення та знезараження для запобігання розповсюдженню інфекції

Пухирчаста сажка кукурудзи (*Ustilago maydis*) – грибкове захворювання, яке вражає кукурудзу (*Zea mays*), спричиняючи значні втрати врожаю. Захворювання поширене в усіх регіонах, де вирощують кукурудзу, але його інтенсивність залежить від кліматичних умов, агротехніки та чутливості вирощуваних сортів.

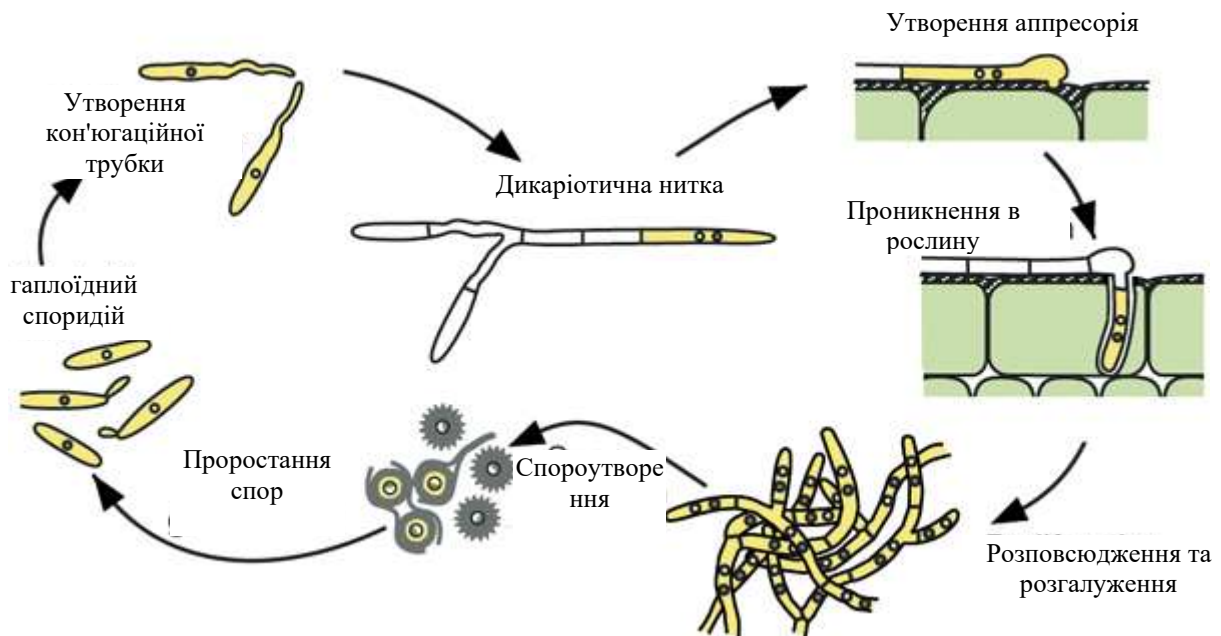


Рис. 12. Життєвий цикл *Ustilago maydis*

Ustilago maydis належить до базидіомікотових грибів. Життєвий цикл включає як сапротрофну, так і паразитичну стадії. Інфекція починається з потрапляння спор (телиоспор) гриба на рослину-господаря. У присутності вологи телиоспори проростають, утворюючи базидіоспори, які потім утворюють інфекційний міцелій. Ураження тканин кукурудзи викликає утворення характерних пухирців (галів), заповнених спорами.

Основний симптом — утворення на рослині пухирців (галів) на різних органах: качанах, стеблах, листках, суцвіттях. Гали спочатку наповнені білою м'якою тканиною, яка згодом стає чорною та розсипчастою через дозрівання спор. Захворювання призводить до деформації уражених частин рослини, зниження врожайності або повної втрати врожаю, особливо при ураженні качанів (рис. 12).

Пухирчаста сажка має економічний вплив, зокрема у країнах із інтенсивним вирощуванням кукурудзи. Хоча захворювання не завжди викликає епідемії, при сильному ураженні втрати врожаю можуть становити 20-30% або більше. З іншого боку, у деяких культурах (наприклад, у мексиканській кухні) пухирчаста сажка вважається делікатесом, відомим як "гуштакоче", що надає їй додаткової економічної цінності.

Пухирчаста сажка (*Ustilago maydis*) може значно вплинути на безпечність зерна, борошна та кормів. У зерні, ураженому цією хворобою, знижується харчова цінність, оскільки галові тканини містять менше крохмалю та білків, ніж здорові частини рослини. Це робить зерно більш крихким і ламким, що ускладнює його зберігання та транспортування. Спори гриба можуть також містити вторинні метаболіти, що можуть викликати алергічні реакції у людей і тварин, хоча вони не є типовими мікотоксинами.

При переробці ураженого зерна на борошно можливі значні зміни. Борошно набуває темного кольору і погіршується його текстура через наявність чорних спор. Це робить його непридатним для харчових цілей, знижує його технологічну якість і ускладнює використання в випічці. Також, спори гриба можуть забруднити борошно, що викликає алергічні реакції при контакті або вдиханні.

У кормах з ураженої кукурудзи також знижується поживна цінність, оскільки вони містять менше важливих для тварин поживних речовин. Велика кількість спор може викликати розлади травлення у тварин, хоч *Ustilago maydis* не продукує типових мікотоксинів (на відміну від інших грибів, таких як *Aspergillus* або *Fusarium*). Крім того, корм може набувати неприємного запаху і смаку, що робить його менш привабливим для тварин, а це може призвести до відмови від корму.

Для зменшення негативного впливу пухирчастої сажки на безпечність зерна, борошна та кормів рекомендується очищення зерна від уражених частин, збереження його в сухих умовах, термічна обробка, що інактивує спори гриба, а також проведення токсикологічних аналізів перед використанням зерна або продуктів переробки в харчових і кормових цілях.



Corn smut



Spore of Ustilago Maydis



Всі види сажки призводять до значних втрат врожаю та зниження якості зерна. В результаті, зернопродукти стають непридатними для харчового або кормового використання. Різні види сажки мають специфічні ознаки зараження, шляхи поширення та характер

Фузаріоз — одна з найбільш небезпечних інфекційних хвороб злакових культур, яка може призвести до значних втрат у врожаї та погіршення якості зерна і як наслідок зернопродуктів. Хвороба викликається недосконалыми грибами роду *Fusarium*. Вона вражає не лише пшеницю, а й інші зернові культури, такі як жито, ячмінь і кукурудза.

Основним збудником фузаріозу є гриб *Fusarium*, який поширюється на полях через уражене насіння та залишки рослин. Гриби розповсюджуються конідіями та аскоспорами, які переносяться вітром і дощем. Зараження відбувається переважно під час фази цвітіння, коли патогени можуть проникати в колоски (рис. 13).

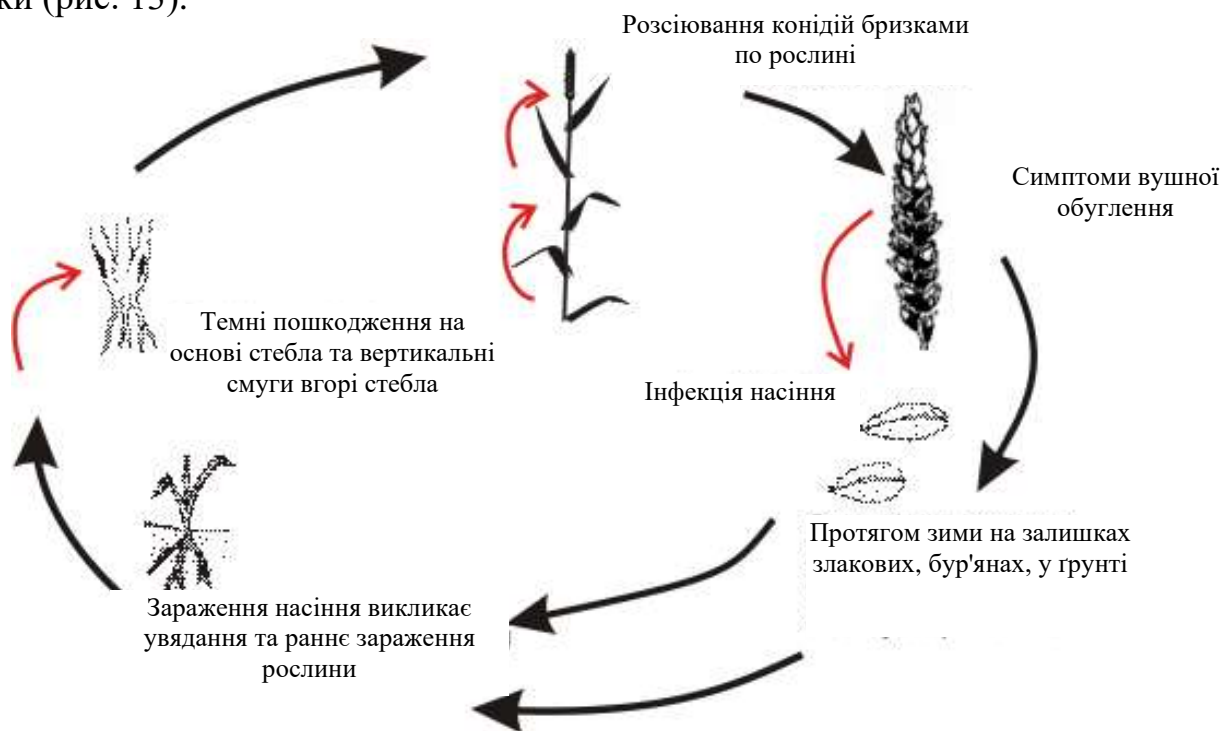


Рис. 13. Життєвий цикл *Fusarium*

Для розвитку хвороби необхідні певні кліматичні умови:

- ✓ температура повітря 20–25°C.

- ✓ висока вологість повітря — понад 75%.

Ці умови зазвичай спостерігаються під час цвітіння та збирання врожаю.

Симптоми ураження фузаріозом можуть з'явитися з моменту колосіння і тривати до збирання врожаю.



Зараження зерна фузаріозом призводить до таких змін:

- ✓ біло-рожевий колір зернівки, відсутність характерного блиску.
- ✓ щуплість та зморшкуватість зерна, наявність глибокої борозни та загострених бочків.
- ✓ у зародковій частині може з'являтися павутиноподібний наліт міцелію.
- ✓ ендосперм зерна стає пухким, кришиться, з борошнистою або частково склоподібною консистенцією.
- ✓ нежиттєздатний зародок із темним або чорним кольором на зрізі.

При слабкому зараженні міцелій може залишатися в оболонках зерна, що робить його візуально непомітним, але зерно може бути джерелом внутрішньої інфекції під час зберігання.

Особливості фузаріозу різних культур

Пшениця – зараження зерна фузаріозом може бути яскраво вираженим (глибоке) або прихованим (поверхневе). Яскраво виражена форма характеризується наявністю міцелію, що забарвлює зерно в рожевий колір. Прихована форма виникає при пізньому зараженні, коли зерно виглядає здоровим, але може бути джерелом інфекції під час зберігання та висіву.

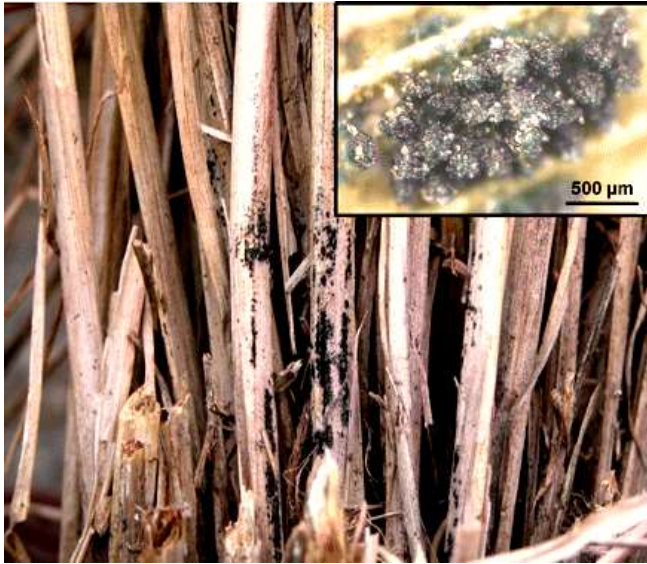
Жито та ячмінь – симптоми фузаріозу виявляються на квіткових плівках зернівок, які стають знебарвленими або набувають світло-коричневого кольору. Міцелій гриба може утворювати скупчення в вигляді подушечок світло-оранжевого кольору.

Кукурудза – фузаріоз проявляється у вигляді осередків міцеліального нальоту рожевого або білого кольору на поверхні качанів. З часом ці осередки змінюють колір на брудно-бурий, зернівки стають ламкими і легко кришаться.

Фузаріоз колоса значно погіршує якість врожаю та має такі негативні наслідки:

- ✓ зниження енергії проростання насіння (до 96%).
- ✓ втрата маси 1000 зерен на 39–72%.
- ✓ втрати урожаю можуть сягати 45–75%.

Окрім фізичних пошкоджень, на заражених зернах накопичуються мікотоксини, які мають серйозний вплив на здоров'я людини та тварин.



Типові шляхи проникнення інфекції Fusarium graminearum у зернові культури



Fusarium graminearum macroconidia

Фузаріоз пшениці

Особливості фузаріозу на різних культурах

Культура	Вид фузаріозу	Основні ознаки ураження	Наслідки для культури	Особливості поширення
Пшениця	Фузаріоз колоса	- знебарвлення колоса, появлення рожевих або оранжевих спороношень. - зерно стає щуплим, зморщеним.	- зниження якості зерна, погіршення його схожості. - вироблення мікотоксинів, зокрема дезоксиніваленолу.	- поширюється через заражене насіння, залишки рослин у ґрунті, сприятливі умови — підвищена вологість.
Кукурудза	Фузаріоз качана	- гниль качана, що проявляється у вигляді білих або рожевих нальотів на зернах. - зерно стає щуплим і темніє.	- зниження врожайності та якості зерна. - утворення токсичних сполук, як фумонізину.	- ураження через пошкодження качанів комахами або вітром, а також через залишки хворих рослин.
Ячмінь	Фузаріоз колоса	- знебарвлення або потемніння колоса, наявність рожевого нальоту. - зерно зморщене, знижена маса.	- зниження якості зерна для пивоваріння. - наявність мікотоксинів, небезпечних для здоров'я тварин і людей.	- поширюється через заражені залишки рослин та ґрунт, особливо в умовах вологого клімату.
Овес	Фузаріоз зернівок	- рожевий наліт на зернівках, вони стають щуплими та темними. - ураження ендосперму та оболонки.	- погіршення якості зерна, зниження схожості. - вироблення мікотоксинів, зокрема охратоксину а.	- поширюється через ґрунт, залишки рослин та насіння.
Соя	Фузаріоз коренів	- загнивання кореневої системи, в'янення рослини. - корені стають	- зниження врожайності, затримка росту рослин. - заражені рослини	- поширюється через заражене насіння, ґрунт і залишки рослин.

		бурими, з'являється наліт фузаріуму.	погано реагують на обробіток ґрунту.	
Горох	Фузаріоз коренів та стебел	- корені та стебла стають коричневими, на стеблах з'являється білий або рожевий наліт. - в'янення рослин.	- зниження врожайності, погіршення якості насіння. - рослини стають нестійкими до посухи.	- передається через ґрунт, заражене насіння та залишки уражених рослин.
Соняшник	Фузаріоз кошика	- загнивання кошика, поява біло-рожевого нальоту. - зерно стає щуплим, знижується його маса.	- зменшення врожаю, погіршення якості насіння. - можливе утворення токсичних сполук.	- поширюється через ґрунт, залишки рослин і насіння.



Для боротьби з фузаріозом важливо застосовувати комплексні заходи:

- ✓ використовувати стійкі сорти.
- ✓ дотримуватись правильної агротехніки.
- ✓ регулярно обробляти поля фунгіцидами.
- ✓ контролювати умови зберігання зерна та насіння, забезпечуючи їх сухість.

Захворювання, викликане грибом *Claviceps purpurea* називається **ерготизм (ріжки)**.

Claviceps purpurea є збудником захворювання, яке впливає на злакові культури, зокрема пшеницю, ячмінь, овес, жито, тритикале, а також на широкий спектр трав. Захворювання проявляється через утворення на колосках заміни зерна на твердий фіолетово-чорний склероцій, відомий як ріжок. Ріжки можуть досягати довжини до 2 см і є дуже помітними як у зібраному врожаї, так і в стоячій культурі.

Ріжки не є прямим джерелом інфекції насіння, оскільки гриб не передається через насіння. Однак він може поширюватися через ріжки, що потрапляють у заражене насіння, і здатен поширюватися в подальші сезони. Важливо відзначити, що захворювання є одним із тих, що включені до Схеми сертифікації насіння зернових у Євросоюзі, поряд із сажкою.

У період збору врожаю або ближче до нього ріжки падають на землю, де вони залишаються до наступного літа. У цей час з ріжків проростають спорові структури, звані стромами. Ці спори розносяться вітром на розташовані поруч розкриті квіти трав і злаків. Спори проростають у квітці, проникаючи в зав'язь, де утворюються нові склероції (ріжки). Після цього на міцелії утворюються конідії, покриті липким секретом, який приваблює комах, що переносять спори на інші квіти, де відбувається подальше зараження (рис.14).

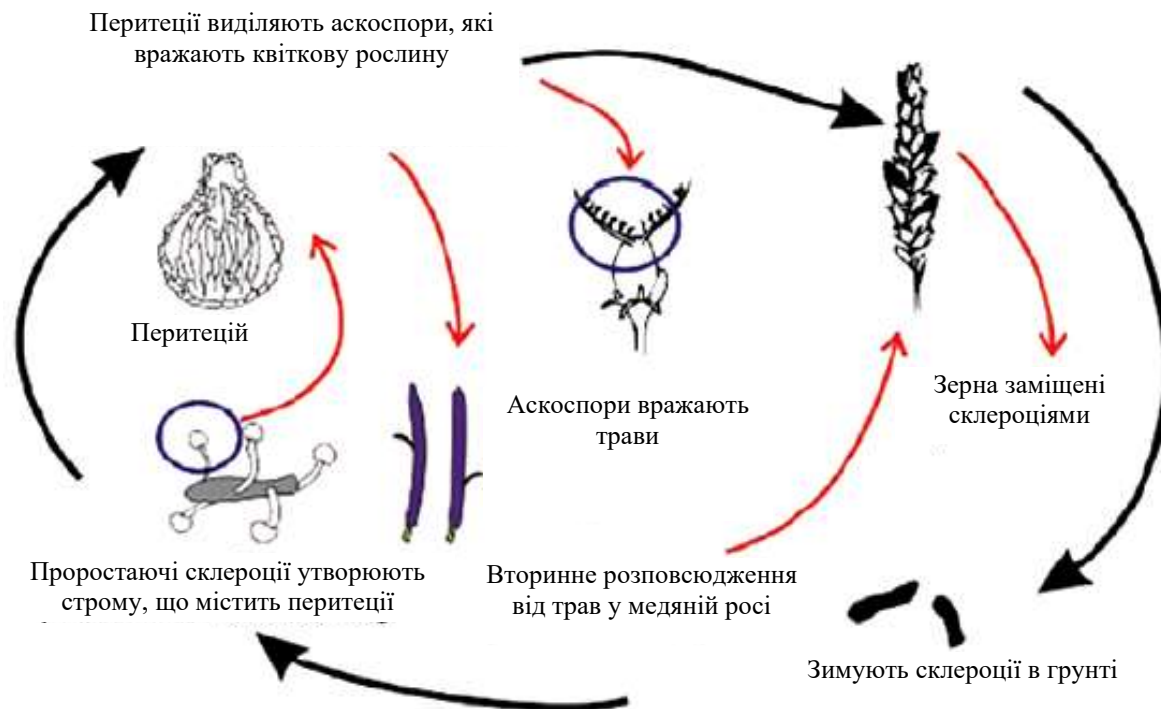


Рис. 14. Life cycle Ergot

Захворювання проявляється під час прохолодних і вологих умов, особливо під час цвітіння рослин. Така погода сприяє утворенню спор і подовжує період цвітіння, що збільшує ймовірність зараження. Ріжки можуть вражати пшеницю та інші зернові культури, але в меншій мірі, ніж жито, хоча сорти пшениці з більш розкритими квітами можуть зазнавати серйозних уражень.

Ріжки не тільки знижують урожайність, але й викликають важке отруєння у людей і тварин, яке називається ерготизмом. Токсичність ріжків обумовлена наявністю в них алкалоїдів, таких як ерготин і ерготамін, які можуть викликати гостру інтоксикацію. Основними симптомами ерготизму є запаморочення, сильні судоми, а в деяких випадках навіть летальний результат. Оскільки ерготин може накопичуватися в борошні, гостра інтоксикація може виникнути, якщо вміст ріжків у борошні становить 1-2%.

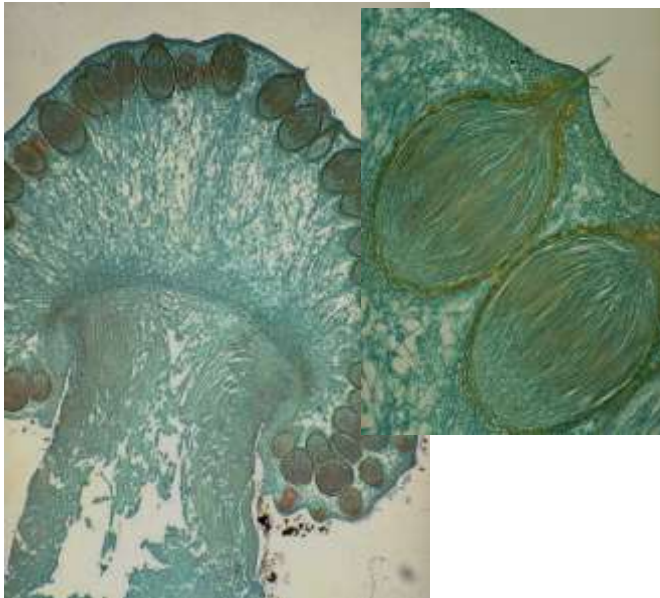
Вміст ріжків у зерні, призначеному для харчових цілей, не повинен перевищувати 0,05% маси зерна. Для насіння першого і другого класів наявність ріжків неприпустима, для третього класу — не більше 0,05%. Це дозволяє запобігти ризику отруєння через споживання зараженого зерна.

Вплив ріжків, викликаних грибом *Claviceps purpurea*, на безпечність зерна та зернопродуктів

Продукт	Ризики та вплив	Необхідні заходи для забезпечення безпеки
Борошно	<ul style="list-style-type: none"> ✓ накопичення токсичних алкалоїдів (ерготин, ерготамін), що можуть викликати ерготизм (запаморочення, судоми) 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ контроль вмісту ріжків у зерні на всіх етапах обробки ✓ обмеження вмісту ріжків до 0,05% у зерні для продовольчих цілей. ✓ перевірка борошна на токсичність
	<ul style="list-style-type: none"> ✓ зниження якості борошна (фізичні та органолептичні характеристики), погіршення випічки 	
Крупа	<ul style="list-style-type: none"> ✓ може містити токсичні алкалоїди, які накопичуються при переробці зараженого зерна. ✓ підвищений ризик інтоксикації 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ суворий контроль вмісту ріжків у крупі ✓ забезпечення, щоб вміст ріжків не перевищував допустимі норми для безпеки споживачів
Корми для тварин	<ul style="list-style-type: none"> ✓ заражений корм може викликати отруєння ерготинами у тварин (розлади травлення, судоми, порушення фізіологічного розвитку) 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ ретельна перевірка кормів на наявність ріжків ✓ обмеження вмісту ріжків до мінімуму, щоб уникнути інтоксикації тварин
	<ul style="list-style-type: none"> ✓ може призвести до зниження продуктивності або навіть загибелі тварин через важку інтоксикацію 	



Ergot replaces grain of rye



A stroma of Claviceps purpurea



4.2. Вплив фузаріозу на цінність зерна та зернопродуктів

Фузаріоз значно впливає на всі аспекти вирощування, зберігання та переробки зерна. Ефективний контроль захворювання, моніторинг вмісту мікотоксинів і впровадження стійких сортів є необхідними заходами для запобігання економічним і екологічним втратам, а також захисту здоров'я населення.

Основні аспекти впливу фузаріозу

Аспекти	Наслідки
Урожайність	Зниження врожаю до 45–73%, пустоколосість до 60%.
Посівні якості	Зниження схожості насіння до 96%, енергії проростання – на 24%
Масові показники	Зменшення маси 1000 насінин на 39–72%.
Харчова цінність	Зниження кількості білка на 1,3–5,6%, накопичення токсичних речовин, погіршення хлібопекарських властивостей борошна.
Кормова цінність	Використання ураженого зерна навіть після термообробки можливе тільки як фураж.
Мікотоксини	Наявність таких токсинів, як Т-2, дезоксиніваленол (ДОН), зеараленон, спричиняє харчові токсикози, мутагенну, канцерогенну, імунодепресивну дію, токсичність кормів.
Безпека людей та тварин	Отруєння людей ("п'яний хліб"), зниження продуктивності тварин, відмова від корму.

Зміни зерна при ураженні фузаріозом

Структурні зміни	Деталі
Оболонка зерна	Пошкодження, проникнення міцелію грибів.
Алейроновий шар	Потоншення стінок клітин у 2–2,5 рази.
Ендосперм	Руйнування тканин, зменшення поживних речовин.
Перикарпій	Деформація поперечних клітин, збільшення товщини клітин зовнішнього епідермісу у 1,2–2 рази.

Вплив мікотоксинів на зерно і зернопродукти

Мікотоксин	Джерело	Дія	Ефекти
Т-2-токсин	Fusarium spp.	Канцерогенна, мутагенна, імунодепресивна.	Порушення травлення, пригнічення рефлексів у тварин
Дезоксиніваленол (ДОН)	Fusarium graminearum	Гальмує синтез білка, знижує продуктивність.	Симптоми "п'яного хліба", діарея, головний біль у людей
Зеараленон (F-2)	Fusarium spp.	Естрогеноподібна дія.	Репродуктивні порушення у тварин, вплив на розвиток молодняка

Схема впливу фузаріозу



Зниження урожайності та якості зерна



Виробництво заражених харчових продуктів



Накопичення мікотоксинів в організмі людини



Харчові токсикози та загроза здоров'ю

Вплив фузаріозу на борошно

Уражене фузаріозом зерно має пошкоджену оболонку, алейроновий шар та ендосперм, що погіршує борошномельні властивості. Таке зерно характеризується зниженням кількості білка на 1,3–5,6%, погіршенням якості клейковини, яка впливає на хлібопекарські властивості. У результаті продукти з цього борошна мають гірші структурні та органолептичні показники, наприклад, зменшення об'єму хліба та його пористості. Крім того, мікотоксини, що

накопичуються в зерні (наприклад, дезоксиніваленол і зеараленон), не руйнуються при звичайній термічній обробці, роблячи борошно небезпечним для споживання.

Вплив фузаріозу на крупи

Фузаріоз негативно впливає на фізичні властивості зерна, яке стає ламким, часто деформованим. Це призводить до механічних втрат при виробництві круп і збільшення відходів. Уражене зерно також має погані смакові та ароматичні властивості: крупи з такого зерна можуть набувати гіркуватого присмаку та неприємного запаху. Крім того, крупи з ураженого зерна несуть ризик отруєння через накопичення мікотоксинів, навіть якщо зовнішні ознаки ураження не завжди помітні.

Вплив фузаріозу на корми для тварин

Зерно, уражене фузаріозом, часто непридатне для використання як корм через високий вміст токсичних метаболітів *Fusarium* spp. Мікотоксини, зокрема Т-2 токсин і дезоксиніваленол, спричиняють гострі та хронічні інтоксикації у тварин. У тварин, які споживають уражені корми, виникають блювота, діарея, зниження апетиту, пригнічення рефлексів, а в подальшому – виснаження та зниження продуктивності. Наприклад, спостерігається зменшення надоїв молока та приростів маси. Окрім токсичності, уражене зерно має знижену енергетичну цінність, що робить його менш ефективним у якості корму.

4.3. Способи виявлення фузаріозу в зернопродуктах

Виявлення фузаріозу в зернопродуктах є важливим етапом для забезпечення їхньої безпеки і якості. Існують різноманітні методи, які дозволяють діагностувати ураження зерна грибами роду *Fusarium* та оцінити вміст небезпечних мікотоксинів у продукції. Основні методи включають візуальну оцінку, мікробіологічні, фізико-хімічні, молекулярно-генетичні та інструментальні підходи.

№	Метод	Опис
1	Візуальна оцінка зерна	<ul style="list-style-type: none"> ✓ ознаки фузаріозу – знебарвлення, зморщена поверхня, рожевий або білий наліт грибниці. ✓ обмеження – неефективність при прихованій інфекції, коли міцелій не видно зовні.
2	Мікробіологічні методи	<ul style="list-style-type: none"> ✓ посів на селективні середовища – зерно стерилізують і вирощують колонії <i>Fusarium</i> на середовищах (Czaprek-Dox, Сабуро). ✓ мікроскопія – аналіз форми, текстури та кольору колоній.
3	Фізико-хімічні методи	<ul style="list-style-type: none"> ✓ - хроматографія – визначення мікотоксинів за допомогою ГХ (наприклад, ДОН, Т-2 токсин, зеараленон). ✓ спектрофотометрія – виявлення флуоресценції токсинів після їхнього виділення із зерна.
4	Молекулярно-генетичні методи	<ul style="list-style-type: none"> ✓ ПЛР – виявлення ДНК грибів <i>Fusarium</i>, точний аналіз прихованих інфекцій. ✓ qPCR – кількісний аналіз рівня зараження і патогенного потенціалу грибів.
5	Біохімічні методи	<ul style="list-style-type: none"> ✓ ІФА – використання антитіл для швидкого визначення мікотоксинів, висока чутливість і продуктивність. ✓ тест-смужки – експрес-методи для польового аналізу окремих токсинів.
6	Інструментальні методи	<ul style="list-style-type: none"> ✓ мас-спектрометрія (МС) – високоточне виявлення мікотоксинів у комбінації з хроматографією. ✓ ІЧ-спектроскопія – оцінка якості зерна та виявлення біохімічних змін від фузаріозу.
7	Біоіндикатори	<ul style="list-style-type: none"> ✓ використання живих організмів (рослин, бактерій), які реагують на наявність токсинів.

Знання про рівень зараження дозволяє вчасно вилучити небезпечну партію продукції, запобігти економічним збиткам та забезпечити безпеку харчових продуктів і кормів.

Питання для самоконтролю

1. Як впливає фузаріоз на економіку фермерських господарств?
2. Чи доцільно використовувати генетично модифіковані стійкі сорти для боротьби з фузаріозом?
3. Які методи найефективніші для виявлення прихованого зараження зерна?
4. Який вплив на здоров'я людини мають основні мікотоксини *Fusarium spp.*?
5. Як ефективно запобігти накопиченню мікотоксинів у зернопродуктах?
6. Як зараження фузаріозом змінює хлібопекарські та харчові властивості зерна?
7. Чи можуть сучасні методи обробки (термічна, хімічна) повністю знизити ризик токсичності ураженого зерна?

Література

1. ДСТУ 4138-2002. *Методи визначення якості зерна*. — Київ: Держстандарт України, 2002. — 122 с.
2. Сидоренко, В. Г., Гуцалюк, О. М. *Мікотоксини зерна: безпека, якість, діагностика*. — Київ: Аграрна наука, 2018. — 278 с.
3. Волкова, О. І. *Фузаріозні токсини в зернових культурах*. — Харків: Основа, 2020. — 312 с.
4. Кравченко, Л. П. Вплив фузаріозу на врожайність та якість зерна злакових культур // *Аграрна наука і освіта*. — 2021. — Т. 10, № 2. — С. 25–30.
5. Мельник, О. І. Методи ідентифікації *Fusarium spp.* в умовах лабораторій // *Зернові культури*. — 2020. — № 8 (11). — С. 13–19.
6. Орлов, С. Г., Іванов, П. А. *Хвороби злакових культур*. — Київ: Видавничий дім "Аграрій", 2019. — 354 с.
7. McMullen, M., Bergstrom, G., De Wolf, E. et al. A unified effort to fight an ancient disease: *Fusarium head blight in small grain cereals* // *Phytopathology*. — 2012. — Vol. 102, Issue 7. — P. 707–716.

ТЕМА 5

МІКОТОКСИНИ, АНТИБІОТИКИ, ГОРМОНАЛЬНІ ПРЕПАРАТИ В ЗЕРНІ, КРУПАХ, БОРОШНІ, КОМБІКОРМАХ

План:

- 5.1. Мікотоксини в зерні та комбікормах
- 5.2. Виявлення в зерні і кормах антибіотиків, активних відносно *Bacillus subtilis*
- 5.3. Гормональні препарати в зерні та зернопродуктах
- 5.4. Мікробіологічний контроль за наявністю та вмістом патогенної мікрофлори.

5.1. Мікотоксини в зерні та комбікормах

Мікотоксини — це токсичні метаболіти грибів, які утворюються під час ураження зернових культур патогенними мікроміцетами, головним чином представниками родів *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium* тощо. Вони мають високу стійкість до термічної обробки і становлять загрозу для здоров'я людини і тварин.

Основні види мікотоксинів та їх джерела

Мікотоксин	Група грибів	Уражувані продукти	Вплив на здоров'я	Пороговий рівень (мг/кг)
Афлатоксини (B1, B2, G1, G2)	<i>Aspergillus flavus</i> , <i>Aspergillus parasiticus</i>	Зерно кукурудзи, арахіс, комбікорми	Канцерогенність, ураження печінки	0,005–0,02
Дезоксиніваленол (ДОН)	<i>Fusarium graminearum</i> , <i>Fusarium culmorum</i>	Пшениця, жито, ячмінь, кукурудза	Гастроентерит, "п'яний хліб"	1,0
T-2 токсин	<i>Fusarium sporotrichioides</i> , <i>Fusarium poae</i>	Пшениця, ячмінь, овес	Некроз шкіри, зниження імунітету	0,1
Зеараленон (F-2)	<i>Fusarium graminearum</i> , <i>Fusarium culmorum</i>	Зернові культури, комбікорми	Гормональні порушення, репродуктивна токсичність	0,5–1,0
Охратоксини (A, B)	<i>Aspergillus ochraceus</i> , <i>Penicillium verrucosum</i>	Пшениця, борошно, комбікорми	Нефротоксичність, канцерогенність	0,005–0,01

Утворення мікотоксинів у продуктах:

- ❖ зерні – мікотоксини утворюються під час вирощування в полі (польові мікотоксини) або при зберіганні (складські мікотоксини) через високу вологість, механічні пошкодження та низькі санітарні умови.
- ❖ борошні – у процесі переробки зерна мікотоксини не знищуються, а можуть концентруватися в певних фракціях (наприклад, висівках).
- ❖ крупі – уражене зерно під час обробки частково втрачає мікотоксини, проте ризик їхньої присутності залишається, особливо у лушпинні.
- ❖ комбікормах – при використанні ураженого зерна мікотоксини потрапляють у раціони тварин, викликаючи інтоксикації та зниження продуктивності.

Вплив мікотоксинів на здоров'я

Токсин	Вплив на людей	Вплив на тварин
Афлатоксини	Гепатит, рак печінки, порушення зору	Зниження приросту маси, зниження надоїв
Дезоксиніваленол	Нудота, блювання, головний біль	Відмова від корму, діарея
T-2 токсин	Пошкодження слизової оболонки рота	Втрата апетиту, дерматит
Зеараленон	Репродуктивні порушення	Безпліддя, аборти
Охратоксин А	Ураження нирок, канцерогенний вплив	Зниження надоїв, нефротоксичність

Схема утворення і поширення мікотоксинів



Проблема мікотоксинів ускладнюється тим, що їх:

- ❖ важко виявити – багато токсинів не проявляються видимими ознаками (пліснява чи запах).
- ❖ діагностика ускладнена через необхідність дорогих лабораторних аналізів.
- ❖ нерівномірний розподіл токсинів у зерні чи кормі робить стандартні методи вибірки недостатньо точними.
- ❖ Загальні ознаки, такі як зниження продуктивності, погіршення конверсії корму, збільшення випадків захворювань.
- ❖ токсичний синергізм, коли комбінація кількох токсинів має значно більший негативний вплив, ніж кожний окремо.

Способи очищення зернопродуктів від мікотоксинів

Метод	Опис	Переваги	Недоліки
Фізичні методи	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Механічне очищення зерна знижує рівень мікотоксинів до 20%. ✓ Термічна обробка (гранулювання, екструдкування) неефективна, оскільки мікотоксини термостійкі (>200 °C). 	Простота застосування.	Низька ефективність, обмеженість застосування до певних продуктів.
Хімічні методи	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Лужна обробка (гідроксид натрію або аміак) ефективна для афлатоксинів. ✓ Підходить тільки для зернової сировини. ✓ Погіршує смакові якості кормів. 	Ефективно знижує токсичність афлатоксинів.	Технічні складності, ризики безпеки праці, не підходить для комбікормів.
Інгібітори плісняви	<ul style="list-style-type: none"> ✓ - Препарати Міко Карб, Сал Карб пригнічують ріст грибів: 	Тривалий ефект, безпека для тварин, низькі дози	Не руйнують токсини, лише стримують

	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Міко Карб ефективний проти <i>Aspergillus</i>, <i>Fusarium</i>, <i>Penicillium</i>. ✓ Сал Карб ефективний проти бактерій та грибів. ✓ Забезпечують тривалий захист. 	використання (0,5–3 кг/т).	розмноження грибів.
Адсорбенти мікотоксинів	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Блокують всмоктування токсинів у травному каналі. ✓ Молд Карб адсорбує токсини в тонкому кишечнику. ✓ Мікосорб – органічний адсорбент, специфічний до токсинів. ✓ Важливі характеристики: універсальність, селективність, термостабільність, безпека. 	Знижують інтоксикацію без шкоди для поживності корму.	Ефективність залежить від дози і характеру корму, можуть бути дорогими.

5.2. Виявлення в зерні і кормах антибіотиків, активних відносно *bacillus subtilis*

Виявлення антибіотиків у зернових і кормових культурах стало актуальною проблемою через їхній потенційний вплив на здоров'я людей і тварин, а також на довкілля. Антибіотики можуть потрапляти у рослинні продукти з різних джерел, включаючи ґрунт, мікрофлору та залишки добрив. Дослідження у цій галузі мають на меті визначення вмісту антибіотиків, їхніх джерел та шляхів поширення.

Прикладом, для аналізу вмісту антибіотиків у зерні та кормах було використано **метод біоавтографії**. Дослідження охопило 120 зразків зерна та кормової сировини з восьми областей України, включаючи такі культури, як кукурудза, пшениця, ячмінь, рис, сорго.

Можливі джерела антибіотиків у зерні:

1. Ґрунтова мікрофлора

Значна частина антибіотиків утворюється у природних умовах ґрунту. Відомо, що актиноміцети, бактерії та гриби продукують антибіотики, такі як стрептоміцин, пеніцилін, субтілін, піоціанін тощо.

Рослини поглинають антибіотики корінням, накопичуючи їх у тканинах протягом вегетаційного періоду.

Продуцент	Антибіотик	Дія
<i>Bacillus subtilis</i>	Субтілін	Антагоністична дія проти бактерій
<i>Streptomyces spp.</i>	Стрептоміцин, гризин	Інгібіція грибів та бактерій
<i>Penicillium spp.</i>	Пеніцилін	Пригнічення патогенів

2. Епіфітна мікрофлора

На поверхні зернових існують мікроорганізми, що потрапляють туди з пилом, комахами або ґрунту. Вони включають представників *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Micrococcus* та ін. Частина цих бактерій продукує антибіотики, які можуть впливати на *Bacillus subtilis*.

3. Залишки добрив

Антибіотики, які застосовуються у тваринництві, виділяються з гноєм та потрапляють у ґрунт, а потім – у рослини. Наприклад, хлортетрациклін і сульфаметазин, використані у годівлі тварин, були виявлені у тканинах кукурудзи та картоплі.

Потенційні шляхи потрапляння антибіотиків у зерно

Механізми взаємодії антибіотиків з рослинами включають кілька етапів. Перш за все, антибіотики, які утворюються мікроорганізмами в ризосфері, поглинаються кореневою системою рослин. Через корені ці речовини проникають у тканини рослин, де можуть накопичуватися. Деякі антибіотики, такі як стрептоміцин і тетрациклін, зберігають свою активність у рослинних тканинах, що дозволяє їм проявляти антагоністичні властивості по відношенню до фітопатогенних мікроорганізмів. Накопичення антибіотиків у рослинах може

мати як позитивні, так і негативні наслідки, залежно від виду антибіотика і його концентрації в тканинах рослин.

Антибіотик	Поглинання рослинами	Концентрація в тканинах
Хлортетрациклін	Швидке	50–100 мкг/г
Стрептоміцин	Помірне	До 1000 мкг/г
Пеніцилін	Швидке	3–10 мкг/г

Антибіотики, що потрапляють у ґрунт, можуть значно знижувати супресивність ґрунтових екосистем, що сприяє розвитку патогенних мікроорганізмів. Вони можуть порушувати баланс між корисними та шкідливими бактеріями, що, в свою чергу, веде до зменшення природного захисту рослин від інфекцій. Крім того, накопичення антибіотиків у тканинах рослин може змінювати склад екосистеми, впливаючи на біорізноманіття та функціонування довкілля.

Присутність залишків антибіотиків у кормах та харчових продуктах може спричиняти антибіотикорезистентність у тварин, що потім може передаватися людині через споживання продукції або через забруднення навколишнього середовища. Ця резистентність стає серйозною проблемою в медицині, оскільки зменшується ефективність лікування багатьох інфекцій.

5.3 Гормональні препарати в зерні та зернопродуктах

Гормони – це природні біологічно активні речовини, які виробляються живими організмами (людина, тварини, рослини) і регулюють різні фізіологічні процеси, такі як ріст, розвиток, метаболізм та інші життєво важливі функції.

Гормональні препарати — це синтетичні або виділені з природних джерел аналоги гормонів, які використовуються для керування фізіологічними процесами в організмах або для терапевтичних цілей. Вони можуть імітувати або блокувати дію природних гормонів і застосовуються в медицині, сільському господарстві,

ветеринарії для стимулювання росту, репродукції, контролю хвороб тощо. У сільському господарстві гормональні препарати допомагають підвищити врожайність, прискорити дозрівання продукції та покращити якість кормів, проте їх неправильне використання може призвести до негативних наслідків для здоров'я людини і тварин.

Основні типи гормональних препаратів та їх вплив на зернові культури

Тип гормонального препарату	Гормональна група	Основна дія	Вплив на зернові культури
Ауксини	Ауксини	<ul style="list-style-type: none"> - стимулюють подовження клітин. - сприяють утворенню коренів. - регулюють розвиток плодів. 	<ul style="list-style-type: none"> - використовуються для покращення вкорінення при посіві. - сприяють збільшенню маси зерна.
Цитокиніни	Цитокиніни	<ul style="list-style-type: none"> - стимулюють поділ клітин. - затримують старіння листя. - взаємодіють з ауксинами для регуляції росту. 	<ul style="list-style-type: none"> - збільшують врожайність. - підвищують стійкість до стресових умов (засуха, висока температура).
Гібереліни	Гібереліни	<ul style="list-style-type: none"> - стимулюють ріст стебел. - підвищують проростання насіння. - збільшують розмір плодів. 	<ul style="list-style-type: none"> - прискорюють проростання насіння. - збільшують висоту рослин. - використовуються для прискорення дозрівання.
Інгібітори росту	Абсцизова кислота та аналоги	<ul style="list-style-type: none"> - уповільнюють або зупиняють ріст. - підвищують стійкість до несприятливих умов. 	<ul style="list-style-type: none"> - використовуються для зупинки росту в певних умовах (наприклад, при загрозі вилягання).
Етилен-препарати	Етилен	<ul style="list-style-type: none"> - прискорюють дозрівання плодів. - викликають старіння листя. - стимулюють опадання плодів і листя. 	<ul style="list-style-type: none"> - використовуються для прискорення дозрівання зерна. - сприяють швидкому дозріванню перед збиранням урожаю.

Застосування гормональних препаратів дає можливість оптимізувати процеси вирощування зернових культур, підвищити їх продуктивність та поліпшити якість зерна, зменшуючи негативний вплив несприятливих факторів навколишнього середовища.

Гормони-забрудники (або гормоноподібні речовини) в зерні та зернопродуктах – це хімічні сполуки, які можуть впливати на ендокринну систему людини та тварин. Ці речовини можуть проникати в зерно через забруднене середовище, застосування агрохімікатів або під час зберігання і переробки продукції. Гормони-забрудники часто називають ендокринними руйнівниками.

Гормони-забрудники в зерні та зернопродуктах

Тип забрудника	Джерела	Механізм дії	Вплив на здоров'я людини
Пестициди	- використання в сільському господарстві для боротьби з шкідниками. - може залишатися на поверхні або всередині зерна.	- деякі пестициди імітують або блокують дію природних гормонів, впливаючи на ендокринну систему.	- можуть викликати гормональний дисбаланс. - порушення функції репродуктивної системи, імунної системи, розвиток раку.
Фталати	- використовуються в упаковці і зберіганні харчових продуктів. - потрапляють у зерно під час зберігання в пластикових контейнерах.	- впливають на функцію ендокринної системи, порушуючи гормональний баланс.	- порушення розвитку дітей, репродуктивні порушення, підвищений ризик ожиріння та діабету.
Бісфенол А (ВРА)	- використовується в пакувальних матеріалах та контейнерах для зберігання харчових продуктів.	- імітує естроген і може зв'язуватися з естрогенними рецепторами, змінюючи природний	- впливає на репродуктивну систему, розвиток мозку і метаболічні процеси. - можливий розвиток раку

		гормональний сигнал.	молочної залози і простати.
Поліхлоровані біфеніли (ПХБ)	- застарілі промислові хімікати, які можуть забруднювати навколишнє середовище і потрапляти у харчові ланцюги.	- впливають на щитовидну залозу і можуть змінювати гормональний обмін.	- порушення функції щитовидної залози, нейротоксичність, підвищений ризик ракових захворювань.
Діоксини	- викиди промислових підприємств і спалювання відходів.	- впливають на ендокринну систему, зокрема на гормони, що регулюють метаболічні процеси.	- порушення гормонального балансу, імунодефіцит, підвищений ризик онкологічних захворювань.

Аналіз впливу гормонів-забрудників:

- ✓ гормони-забрудники можуть потрапляти у зерно через навколишнє середовище, неправильне зберігання або агрохімічні обробки.
- ✓ більшість забрудників імітують або блокують природні гормони, що призводить до порушення функціонування ендокринної системи.
- ✓ довготривале споживання зернової продукції, забрудненої гормоноподібними речовинами, може викликати серйозні захворювання, включаючи репродуктивні порушення, рак, проблеми з метаболізмом та розвитком.

Захист зерна від таких забруднень є важливим аспектом забезпечення харчової безпеки.

Шляхи потрапляння гормонів у зерно та комбікорми

Одним з основних шляхів потрапляння гормонів у комбікорми є використання гормональних препаратів в тваринництві для стимулювання росту та підвищення продуктивності. Гормони можуть потрапляти в кормові культури

через використання органічних добрив, отриманих від тварин, до складу яких входять гормони.

Деякі гормони використовуються для регулювання росту рослин. Наприклад, ауксини, цитокініни, гібереліни застосовуються для стимулювання росту або для боротьби з шкідниками, слідовно може призводити до того, що гормони потрапляють у ґрунт і поглинаються рослинами, а далі потрапляють у зерно і борошно.

Пестициди і гербіциди, які застосовуються для захисту рослин, можуть містити гормони або речовини, що діють як гормони та може впливати на рослинний організм і призводити до накопичення певних сполук у зерні, яке потім використовується для виробництва борошна або комбікормів.

Зерно, особливо пшениця, кукурудза та інші зернові культури, можуть накопичувати гормони або їх похідні, якщо в ґрунт потрапляють пестициди або добрива, що містять ці речовини. Крім того, через обробку зернових культур різними агрохімікатами гормональні залишки можуть потрапляти в борошно та комбікорми.



Гормони, що потрапляють в організм, можуть порушувати ендокринну систему, що може призвести до різних захворювань, зокрема до гормональних порушень, ракових захворювань або зниження імунітету. Особливо небезпечні гормони для дітей та вагітних жінок



ВПЛИВ ГОРМОНІВ НА ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ ТА ТВАРИН



Залишки гормонів у комбікормах можуть також викликати порушення в організмі тварин, включаючи розвиток гормональних порушень, зниження репродуктивної здатності, порушення розвитку або захворювання внутрішніх органів

Методи контролю та зниження залишків гормонів у продуктах

Регулярний моніторинг

- *Важливо проводити регулярний контроль рівня гормонів у зерні, борошні та комбікормах для забезпечення їх безпеки. Це включає в себе застосування сучасних методів аналітики, таких як хроматографія або мас-спектрометрія*

Застосування безпечних методів обробки

- *Сільське господарство повинно застосовувати методи обробки без використання гормональних препаратів, що можуть потрапити в харчові продукти. Це включає використання органічних добрив, природних пестицидів і обмеження використання синтетичних гормонів*

Розробка стандартів

Важливо встановлювати чіткі граничні норми для залишків гормонів у продуктах, що сприятиме зменшенню ризиків для здоров'я людей і тварин

5.4 Мікробіологічний контроль за наявністю та вмістом патогенної мікрофлори

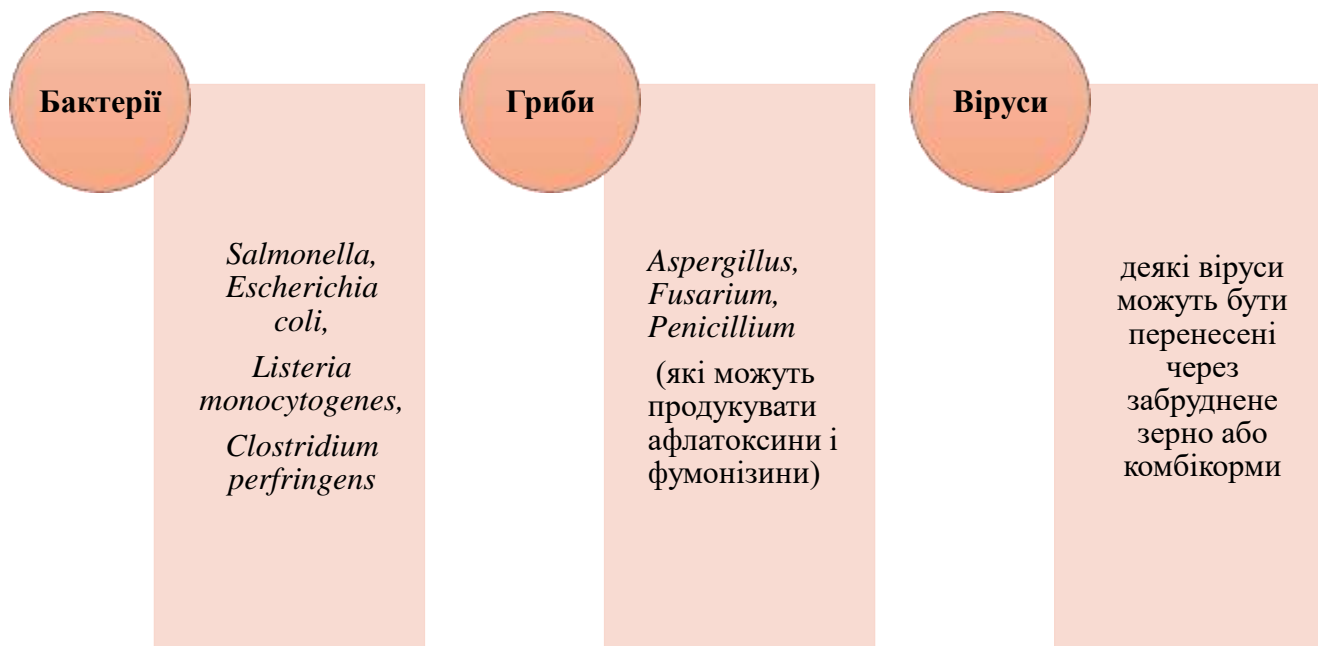
Мікробіологічний контроль є важливою частиною забезпечення безпеки харчових продуктів, особливо для продуктів, що використовуються в харчовій промисловості, таких як зерно, борошно, крупа, комбікори. Завдяки контролю за наявністю патогенної мікрофлори, можна запобігти забрудненню продуктів, яке може спричинити захворювання у людей або тварин. У цьому контексті важливо не тільки виявлення патогенів, а й визначення їхнього рівня, що дозволяє оцінити ступінь небезпеки для здоров'я.

Основними завданнями мікробіологічного контролю є:

- ❖ виявлення патогенних мікроорганізмів.
- ❖ оцінка чисельності патогенів, що містяться у сировині або готовому продукті.

- ❖ підтримка умов для запобігання росту патогенних мікроорганізмів під час зберігання та обробки продуктів.
- ❖ забезпечення виконання нормативних вимог та стандартів безпеки.

Мікроорганізми, які є найбільш небезпечними для здоров'я людини і тварин



Для здійснення мікробіологічного контролю використовуються різноманітні методи, включаючи:

Посів на живильні середовища — це стандартний метод для виявлення та підрахунку мікроорганізмів.

ПРЦ-метод (Polymerase Chain Reaction) — використовується для швидкої детекції специфічних патогенних бактерій або вірусів.

Імуноферментні методи — дозволяють виявити антигени патогенів у зразках.

Біохімічні тести — допомагають визначити вид мікроорганізмів за їх здатністю до метаболічних процесів.

Молекулярно-генетичні методи — застосовуються для виявлення мутацій та специфічних генів патогенних мікроорганізмів.

Контроль за патогенами у зерні та комбікормах

Патоген	Метод контролю	Стандартні показники (залежно від виду продукту)
Salmonella	посів на живильні середовища, ПРЦ	не більше 10 КУО/г
E. coli (O157:H7)	ПРЦ, біохімічні тести	не більше 1 КУО/г
Aspergillus spp.	посів на середовища з обмеженням вологи, Мікроскопія	вміст афлатоксинів не більше 4 г/т
Fusarium spp.	мікроскопія, ПРЦ	вміст фумонізинів не більше 1000 г/т

Для зерна, яке використовується для виробництва борошна, контроль здійснюється на різних етапах.



Особливу увагу приділяють комбікорми, оскільки вони є джерелом харчування для тварин, що у подальшому може впливати на якість продукції. Тому контроль за комбікормами є критично важливим:

- ❖ виявлення бактерій, таких як *Salmonella*.

- ❖ контроль за грибами, що можуть продукувати мікотоксини.
- ❖ перевірка рівня антибіотиків та інших токсичних речовин.

Роль HACCP у мікробіологічному контролі

У контексті мікробіологічного контролю HACCP дозволяє:

1. Виявляти потенційні мікробіологічні небезпеки на різних етапах обробки зерна, борошна та комбікормів (наприклад, патогенні бактерії, такі як *Salmonella*, *E. coli*, та пліснявілі гриби, які можуть продукувати мікотоксини).
2. Визначати критичні точки контролю на кожному етапі виробництва, наприклад, на етапах зберігання зерна, обробки борошна або виробництва комбікормів.
3. Розробляти ефективні методи моніторингу для виявлення мікробіологічних загроз, таких як регулярні перевірки на вміст патогенів у сировині і готовій продукції.
4. Контролювати умови зберігання та обробки для запобігання розвитку патогенних мікроорганізмів через неправильні температурні умови або недостатню вологість.

Програми HACCP застосовуються для забезпечення безпеки комбікормів та зернових продуктів завдяки наступним аспектам.

Важливість HACCP для безпеки комбікормів і зернових продуктів

Ідентифікація джерел забруднення	Запобігання поширенню патогенів	Контроль за антибіотиками і мікотоксинами
<ul style="list-style-type: none"> • HACCP допомагає виявити джерела, через які патогенні мікроорганізми можуть потрапити в зерно або комбікорми (наприклад, забруднення через пестициди, гербіциди або органічні добрива) 	<ul style="list-style-type: none"> • через критичні точки контролю система забезпечує, щоб умови виробництва та зберігання не сприяли розвитку хвороботворних мікроорганізмів (наприклад, зберігання зерна в умовах, що запобігають розвитку <i>Salmonella</i> або <i>Aspergillus</i>) 	<ul style="list-style-type: none"> • через ефективну верифікацію та моніторинг HACCP дозволяє контролювати рівень антибіотиків та мікотоксинів у комбікормах, що є важливим для безпеки тварин та людей

Етапи впровадження HACCP на підприємствах

❖ Ретельне вивчення всіх процесів виробництва та обробки зерна, борошна, крупи або комбікормів. Метою цього етапу є виявлення можливих небезпек, які можуть виникнути на різних етапах технологічного процесу, що включає детальний аналіз технологічних ліній, методів обробки, умов зберігання, а також використання сировини. Оцінка процесів допомагає виявити потенційні ризики, що можуть вплинути на безпеку продукту.

❖ Ідентифікація критичних точок контролю. На цьому етапі визначаються критичні точки, на яких існує найбільша ймовірність забруднення або появи небезпечних мікроорганізмів. Це може стосуватися етапів зберігання, транспортування, обробки сировини або її переробки. Важливо розуміти, на яких етапах технологічного процесу потрібно застосувати найжорсткіші заходи контролю для запобігання контамінації продукції. Наприклад, це можуть бути моменти, коли зерно стикається з поверхнями, що можуть бути забруднені, або коли продукт піддається високим температурам, що створюють умови для розвитку мікроорганізмів.

❖ Розробка та впровадження процедур моніторингу. Для ефективного управління якістю і безпекою продукції необхідно розробити чітку систему моніторингу, що включає в себе регулярні тести та перевірки на наявність патогенних мікроорганізмів, а також контроль технологічних параметрів, таких як температура, вологість або час обробки продуктів. Усі процедури моніторингу повинні бути документовані, щоб можна було забезпечити відстеження результатів та відповідність нормативним вимогам.

❖ Навчання персоналу повинно охоплювати всі аспекти системи HACCP, включаючи визначення критичних точок, методи моніторингу, реагування на виявлені небезпеки і виконання процедур у разі виникнення неполадок. Крім того, важливо регулярно проводити тренінги для підвищення кваліфікації персоналу і забезпечення його готовності до вирішення проблем, що можуть виникнути в процесі виробництва.

❖ Документування та звітність дозволяє не лише відстежити ефективність роботи системи, але й забезпечити відповідність нормативним вимогам. Усі процедури, результати моніторингу, виявлені проблеми та заходи з їх усунення повинні бути належним чином зафіксовані, що включає ведення звітності про контроль якості на кожному етапі виробництва, а також про виконання всіх процедур, встановлених в рамках НАССР. Така документація забезпечує прозорість і дозволяє швидко реагувати на можливі порушення або невідповідності.

Приклад застосування НАССР для контролю безпеки комбікормів

Етап процесу	Потенційні небезпеки	Критичні точки контролю	Методи моніторингу	Коригувальні дії
Зберігання зерна	патогенні мікроорганізми (<i>Salmonella</i> , <i>E. coli</i>)	температура та вологість зберігання	регулярна перевірка температури та вологості	коригування температурного режиму, вентиляція
Переробка зерна в борошно	мікробіологічне забруднення, пліснявіння	контроль часу та температури обробки	лабораторний контроль за наявністю патогенів	використання високих температур при обробці
Виробництво комбікормів	наявність антибіотиків, мікотоксинів	перевірка якості кормових добавок	тестування на залишки антибіотиків та мікотоксинів	вилучення забруднених партій корму

Питання для самоконтролю

1. Які фактори сприяють утворенню мікотоксинів у зерні та комбікормах, і як можна зменшити їх вплив на здоров'я тварин та людей?
2. Чи достатньо ефективні сучасні методи виявлення мікотоксинів у зернових продуктах? Які нові технології можуть покращити процес діагностики?

3. Як можна оцінити рівень токсичності комбікормів через наявність мікотоксинів, і чи існують методи для їх очищення?
4. Які основні джерела антибіотиків у зерні та комбікормах, і як їх наявність може впливати на здоров'я тварин та людей?
5. Як боротьба з антибіотикорезистентністю у тварин може впливати на глобальне здоров'я населення?
6. Як гормональні препарати можуть потрапляти у зерно та комбікорми, і чи є способи їх контролю та зниження вмісту у харчових продуктах?
7. Яким чином мікробіологічний контроль допомагає запобігати забрудненню зерна та комбікормів патогенною мікрофлорою, і які методи є найбільш ефективними?

Література

1. Жабоев В.Ф., Прокопенко Л.М. Токсикологія та екологія сільськогосподарських продуктів. – Київ: Наукова думка, 2012. – 320 с.
2. Іванова Н.Є., Шевченко О.А. Мікробіологія продуктів харчування. – Харків: Фоліо, 2015. – 280 с.
3. Єрмоленко В.І., Бондаренко О.І. Мікотоксини в сільському господарстві. – Львів: Світ, 2011. – 250 с.
4. Михайленко В.В., Федоренко І.В. Безпека кормів і кормових добавок. – Київ: Аграрна освіта, 2017. – 280 с.
5. Кудрявцева Г.П., Романова Л.М. Патогенна мікрофлора в кормових продуктах. – Одеса: Остром, 2019. – 210 с.
6. Бондаренко С.О., Козак В.В. Контроль якості та безпеки комбікормів. – Черкаси: Промінь, 2018. – 180 с.
7. Головка Л.І., Морозова І.В. Технологія виробництва комбікормів. – Київ: Техніка, 2020. – 300 с.
8. Панасенко Л.С., Карпова М.А. Мікробіологічний контроль у харчовій промисловості. – Дніпро: Наукова книга, 2016. – 270 с.

ТЕМА 6

ГЕНЕТИЧНО МОДИФІКОВАНІ ОРГАНІЗМИ В ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУРАХ: ВПЛИВ НА ХАРЧОВИЙ ЛАНЦЮГ ТА ПРОБЛЕМИ БЕЗПЕКИ

План :

- 6.1. Генетично модифіковані організми (ГМО) у зерні та зернопродуктах
- 6.2. Поведінка генномодифіцированих продуктів в харчовому ланцюзі.
- 6.3. Проблема безпеки бактерійних генів, введених в генномодифіковані сільськогосподарські культури.

6.1. Генетично модифіковані організми (ГМО) у зерні та зернопродуктах

Генетично модифіковані організми (ГМО) у зерні та зернопродуктах — це культури, які були генетично змінені шляхом введення в їхню ДНК генів інших організмів для досягнення певних властивостей. Основна мета створення ГМО-зернових культур полягає в підвищенні врожайності, стійкості до шкідників, хвороб, посухи, а також у покращенні якості продуктів.

Переваги використання ГМО в зернових:

- ✓ стійкість до шкідників і хвороб, що знижує потребу у використанні хімічних пестицидів.
- ✓ підвищення врожайності за рахунок адаптації до несприятливих умов (посухи, засолення ґрунтів).
- ✓ покращення харчових властивостей зернових культур, таких як підвищений вміст вітамінів або білків.

Недоліки та ризики:

- ✓ потенційні екологічні ризики, такі як зниження біорізноманіття або перехресне запилення з дикими родичами.
- ✓ алергічні реакції або токсичність, що можуть виникати через введення чужорідних генів.

✓ економічні та соціальні наслідки, зокрема залежність фермерів від компаній-виробників гмо-насіння.

Різні країни мають різні підходи до регулювання ГМО-продуктів. У багатьох країнах існують жорсткі правила щодо вирощування, маркування та продажу ГМО-продуктів, щоб забезпечити безпеку для здоров'я людини та довкілля. ГМО в зерні та зернопродуктах є предметом активних наукових досліджень і суспільних дебатів, що зосереджені на їхньому впливі на здоров'я, екологію та економіку.

Генетично модифіковане зерно – це зернові культури, геном яких було змінено за допомогою генної інженерії з метою надання їм нових властивостей, які не можуть бути досягнуті за допомогою традиційного селекційного відбору. Основними генетичними модифікаціями є додавання генів, які підвищують стійкість до шкідників, хвороб, гербіцидів, несприятливих кліматичних умов, а також покращують поживні якості продукту.

Приклади генетично модифікованого зерна:

- ✓ ГМО-кукурудза, стійка до комах-шкідників або гербіцидів.
- ✓ ГМО-соя, стійка до гербіцидів, що дозволяє більш ефективно боротися з бур'янами.
- ✓ ГМО-рис, збагачений вітамінами (наприклад, "Золотий рис", який містить більше бета-каротину).

Переваги генетично модифікованого зерна:

- ✓ зменшення використання пестицидів за рахунок вбудованої стійкості до шкідників.
- ✓ підвищення врожайності, що допомагає зменшити потребу у збільшенні посівних площ.
- ✓ стійкість до стресових умов, таких як посуха, що дозволяє вирощувати культури в складних кліматичних умовах.

Недоліки та ризики:

- ✓ невизначені довгострокові наслідки для здоров'я людини.
- ✓ можливі екологічні наслідки, включаючи зниження біорізноманіття.

- ✓ ризик перехресного запилення з немодифікованими культурами.

Генетично модифіковане зерно є важливим елементом сучасного сільського господарства, але його використання потребує обережного підходу та постійного моніторингу з точки зору здоров'я, екології та соціально-економічних аспектів.

6.2. Поведінка геномодифікованих продуктів в харчовому ланцюзі

Генномодифіковані організми (ГМО) є предметом широких дискусій у наукових колах, зокрема в аспекті їх поведінки в харчовому ланцюзі. Генномодифіковані зернопродукти, такі як кукурудза, соя, рис і пшениця, знаходять застосування у сільському господарстві завдяки підвищеній стійкості до шкідників, хвороб і несприятливих умов довкілля. Однак їх вплив на екосистеми, здоров'я людини та харчовий ланцюг потребує детального розгляду.

Особливості поведінки ГМО у харчовому ланцюзі:

1. Вирощування та перший етап ланцюга. Генномодифіковані зернові культури вирощуються за допомогою сучасних технологій, які забезпечують зниження втрат врожаю та зменшення потреби у пестицидах. Наприклад, гени Вt-кукурудзи забезпечують природний захист від комах-шкідників, що зменшує хімічне навантаження на ґрунт і довкілля.

2. Обробка та виробництво продуктів. Зернопродукти проходять різні стадії обробки перед тим, як потрапити на полиці магазинів. У процесі переробки ГМО-зерно може зберігати свої модифіковані гени, які переходять у кінцеві продукти (наприклад, кукурудзяний сироп, соєва олія).

3. Поширення у кормових ланцюгах. Значна частина ГМО-продукції використовується для виготовлення кормів для тварин. Це може мати наслідки для здоров'я худоби та впливати на склад молока, м'яса й інших продуктів тваринного походження.

4. Взаємодія з мікроорганізмами та ґрунтом. Гени, які залишаються в рештках рослин, можуть потрапляти до ґрунту. Це потенційно сприяє

горизонтальному переносу генів до бактерій або інших організмів, що може змінювати баланс екосистем.

Можливі ризики

Тип ризику	Опис	Приклад із практики
Здоров'я людини	Потенційна алергенність або резистентність до антибіотиків через вживання ГМО-продуктів.	У США досліджували Bt-кукурудзу, яка в окремих випадках викликала алергічну реакцію у чутливих людей.
Екологічні ризики	Витіснення дикорослих видів, зміни у ґрунтових екосистемах.	У Канаді спостерігали розповсюдження «супербур'янів», які отримали стійкість до гербіцидів через перехресне запилення з ГМО-культурами.
Стійкість шкідників	Шкідники можуть адаптуватися до ГМО, створюючи нові виклики.	У Бразилії деякі види комах-шкідників стали стійкими до генів Bt, що потребувало впровадження нових підходів до боротьби з ними.

Поведінка генетично модифікованих продуктів у харчовому ланцюзі визначає, як ці продукти взаємодіють з організмами на різних рівнях харчового ланцюга – від рослин до людини.

Схема наведена нижче підкреслює важливість контролю і досліджень поведінки ГМО у харчовому ланцюзі для забезпечення безпеки споживачів.



Вплив на тварин

ГМО-зернові можуть використовуватися у виготовленні кормів. Дослідження поведінки ГМО-продуктів у травній системі тварин дає змогу оцінити їхню безпеку, включаючи можливі генетичні або фізіологічні зміни у тварин

Перенос генів

Можливість горизонтального переносу генів із ГМО-продуктів у мікроорганізми травної системи або до інших організмів через харчовий ланцюг

ПОВЕДІНКА ГЕНЕТИЧНО МОДИФІКОВАНИХ ПРОДУКТІВ У ХАРЧОВИЙ ЛАНЦЮЗІ

Вплив на людину

Оцінка потенційних алергічних реакцій або токсичних ефектів, які можуть виникнути при вживанні продуктів із ГМО

Стійкість до травлення

Аналіз того, як ГМО-продукти перетравлюються у людській травній системі, і чи зберігаються генно-модифіковані фрагменти в організмі людини.

Досвід іноземних виробників ГМО-зернопродуктів

Сполучені Штати є лідером у виробництві ГМО-зернових. За офіційними даними, понад 90% вирощуваної кукурудзи та сої є генномодифікованими. Застосування цих культур сприяло підвищенню врожайності та зниженню витрат на пестициди. Однак існують суперечки щодо їх впливу на довкілля та здоров'я.

Аргентина широко використовує ГМО-сою для експорту та внутрішнього ринку. Дослідження показали позитивний вплив на економіку країни, але також зафіксовані проблеми, пов'язані із забрудненням довкілля гербіцидами.

У Китаї вирощування ГМО-рису з метою боротьби зі шкідниками демонструє високу ефективність. При цьому уряд країни жорстко контролює поширення таких продуктів, надаючи перевагу внутрішньому споживанню.

Для мінімізації ризиків використання ГМО-зернових у харчовому ланцюзі важливо дотримуватися заходів.



Приклад маркування продукції, що містить генетично модифіковані організми (ГМО), залежить від країни або регіону, де цей продукт продається, оскільки різні країни мають свої вимоги до маркування.

Приклад маркування в Україні та ЄС:

На продуктах, що містять більше ніж 0,9% генетично модифікованих організмів, зазвичай обов'язково зазначається:

☝ "Містить ГМО" або "Продукт із ГМО".

Таке маркування має бути чітким, легко видимим і розбірливим для споживачів.

Приклад маркування в США:

У Сполучених Штатах діє закон, що вимагає маркування ГМО-продуктів. На етикетках може бути зазначено:

✓ "Bioengineered" або використовуватись спеціальний символ з написом "BE", що означає "біоінженерний".

Зразок етикетки:

Продукт: Кукурудзяні пластівці

– Інгредієнти: Кукурудзяна мука (генетично модифікована), цукор, сіль.

– Маркування:

"Цей продукт містить генетично модифіковані інгредієнти".

6.3. Проблема безпеки бактеріальних генів у генномодифікованих сільськогосподарських культурах

Генномодифіковані сільськогосподарські культури часто створюються шляхом введення бактеріальних генів, що забезпечують стійкість до шкідників, гербіцидів або стресових умов. Найпоширенішими прикладами є використання генів *Bacillus thuringiensis* (Bt) для боротьби з комахами-шкідниками та генів стійкості до гербіцидів, таких як *EPSPS* (5-енолпірувілшикімат-3-фосфатсинтаза). Проте використання цих технологій викликає занепокоєння через потенційні екологічні, медичні та соціальні ризики.

Особливості бактеріальних генів у ГМО:

1. **Ген Bt.** Гени, отримані з бактерії *Bacillus thuringiensis*, забезпечують рослинам вироблення білків, які є токсичними для певних комах-шкідників. Наприклад, Bt-кукурудза вбиває личинок кукурудзяного метелика, зменшуючи потребу в інсектицидах.

2. **Гени стійкості до гербіцидів.** Ген *EPSPS* дозволяє культурам переносити вплив гербіцидів, таких як гліфосат. Це дає змогу фермерам ефективно боротися з бур'янами, не завдаючи шкоди культурним рослинам.

3. **Проблема горизонтального переносу генів.** Бактеріальні гени можуть потрапляти до ґрунтових мікроорганізмів або диких рослин через горизонтальний

перенос генів. Це викликає занепокоєння щодо створення супербур'янів або зміни мікробіомів ґрунту.

Ризики, пов'язані з бактеріальними генами у ГМО

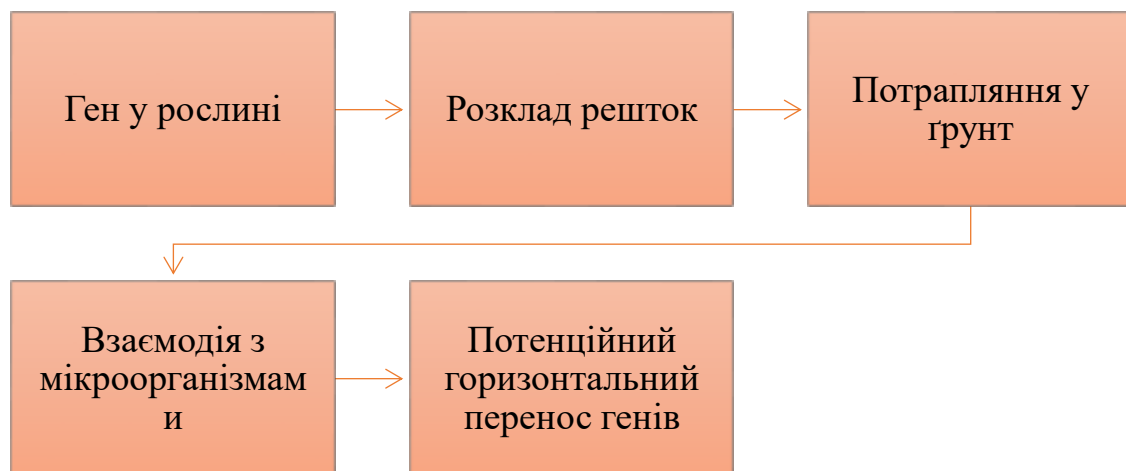
Тип ризику	Опис	Приклади
Екологічні ризики	Зміна екосистем, втрата біорізноманіття, виникнення стійких шкідників.	У Бразилії виявили стійкість шкідників до <i>Bt</i> -культур через тривале використання ГМО.
Ризики для здоров'я	Потенційна алергенність або токсичність білків, які синтезуються ГМО.	В ЄС проведено дослідження, яке виключає ризики <i>Bt</i> -білків, але вони залишаються предметом дискусій.
Горизонтальний перенос генів	Потрапляння бактеріальних генів у ґрунтові бактерії чи дикі рослини.	В Аргентині зафіксовані випадки появи супербур'янів біля полів із ГМО-соями.

Міжнародний досвід і приклади

Країна/регіон	Досвід використання бактеріальних генів	Проблеми та заходи безпеки
США	Вирощування <i>Bt</i> -кукурудзи, <i>Bt</i> -бавовни.	Введено зони рефугіумів для уповільнення розвитку стійкості шкідників до <i>Bt</i> -токсинів.
Аргентина	Експорт сої та кукурудзи з генами стійкості до гербіцидів і шкідників.	Висока залежність від гербіцидів, що призводить до деградації ґрунтів і створення "супербур'янів".
Бразилія	Розширене застосування <i>Bt</i> -культур у відповідь на зростання попиту.	Налагоджено державний контроль, але проблеми стійкості шкідників і

		забруднення довкілля залишаються актуальними.
Європа	Обмежене використання ГМО, включно з бактеріальними генами.	Строгий моніторинг впливу на здоров'я людини та довкілля; заборони в низці країн.
Африка	Введення <i>Bt</i> -бавовни для боротьби зі шкідниками.	Висока ефективність, але залежність від міжнародних корпорацій і недостатність локальних досліджень.
Україна	Офіційно заборонено вирощування ГМО-культур.	Незважаючи на заборону, існують ризики несанкціонованого використання ГМО-насіння.

Цикл взаємодії бактеріальних генів у середовищі



Бактеріальні гени, впроваджені у ГМО-культури, можуть впливати на навколишнє середовище, зокрема через горизонтальний перенос генів. Це явище відбувається, коли генетичний матеріал з ГМО потрапляє в інші організми, такі як дикі рослини або мікроорганізми ґрунту. Наслідком цього може бути поява супербур'янів, які мають стійкість до гербіцидів. Супербур'яни ускладнюють обробку сільськогосподарських угідь і потребують використання сильніших або

більш токсичних хімікатів, що може загострити проблему екологічного забруднення.

Безпека бактеріальних генів у ГМО



Одним із ключових аспектів безпеки бактеріальних генів у ГМО є їхній потенційний вплив на здоров'я людини. Деякі білки, які продукуються ГМО, можуть викликати алергічні реакції, особливо в осіб із підвищеною чутливістю. Наприклад, білки, що кодуються генами *Bt*, мають токсичну дію на шкідників, але їхній вплив на людей потребує подальших досліджень. Харчова безпека таких продуктів залежить від ретельного тестування, що особливо важливо для країн із слабкими системами контролю.

Бактеріальні гени, що отримані від *Bacillus thuringiensis* (*Bt*), створюють стійкість рослин до комах-шкідників. Проте тривале використання таких культур призводить до адаптації шкідників, які можуть розвивати стійкість до токсинів *Bt*. Це, у свою чергу, змушує фермерів використовувати нові методи захисту, що збільшує витрати на обробку полів і може погіршити економічну ефективність ГМО-культур.

Питання для самоконтролю

1. Як впливають генномодифіковані продукти на харчовий ланцюг і які існують методи мінімізації їх потенційного ризику?
2. Чи можуть бактеріальні гени, впроваджені у ГМО-культури, мати непередбачувані екологічні наслідки? Наведіть приклади.
3. Як міжнародний досвід регулювання та моніторингу ГМО може бути адаптований в Україні?
4. Які технологічні рішення існують для зменшення забруднення зернової продукції мікотоксинами та залишковими пестицидами?
5. Які етичні аспекти слід враховувати при впровадженні генномодифікованих культур у сільське господарство?

Література

1. Білецький, О. С., & Гончарук, О. А. (2020). Забруднення зернових продуктів мікотоксинами: причини, наслідки та способи контролю. *Науковий журнал харчових технологій*, 12(4), 45–55.
2. Євченко, М. П., & Василенко, І. Г. (2021). Генетична модифікація сільськогосподарських культур: екологічні ризики та контрольні стратегії. *Екологічна безпека та природокористування*, 24(2), 67–78.
3. Гончарук, А. О. (2022). Вплив важких металів і пестицидів на якість зернової продукції: аналіз і превентивні заходи. *Аграрний вісник України*, 34(1), 89–102.
4. Калюжний, С. О., & Ткаченко, Л. В. (2023). Горизонтальний перенос генів у ГМО-культурах: механізми та наслідки. *Сучасна біотехнологія та біоетика*, 15(3), 120–136.
5. Міщенко, П. В., & Демченко, К. А. (2020). Хімічні забруднення зернових продуктів: методи аналізу та їх ефективність. *Журнал агрохімії та ґрунтознавства*, 7(4), 31–48.

6. Смирнов, Ю. Г., & Поліщук, В. В. (2021). Використання інноваційних технологій для зниження токсичності зернової продукції. *Інновації в агротехнологіях*, 10(5), 75–88.
7. Чорнобай, А. М., & Лук'янова, Н. Ю. (2022). Політика безпеки харчових продуктів у контексті ГМО в країнах ЄС. *Харчова промисловість: сучасні тенденції*, 8(6), 15–30.

ТЕМА 7

ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ЗЕРНОВОЇ ТА ЗЕРНОБОБОВОЇ ПРОДУКЦІЇ ЗА ВМІСТОМ РАДІОНУКЛІДІВ

План:

- 7.1. Джерела радіоактивності
- 7.2. Фактори, що визначають інтенсивність переходу радіонуклідів з ґрунту в рослини та готову продукцію
- 7.3. Загальні принципи використання прийомів по зменшенню переходу радіонуклідів в зерно та зернопродукти

7.1. Джерела радіоактивності

Радіоактивність може надходити з природних джерел, серед яких одним із основних є космічне випромінювання. Під впливом космічних променів в атмосфері утворюються радіоактивні ізотопи, такі як вуглець-14 та тритій. Ці ізотопи потрапляють на землю через атмосферні процеси і можуть осідати на поверхні ґрунту, звідки вони потрапляють до рослин.

Іншим важливим джерелом природної радіоактивності є ізотопи, що містяться в земній корі. В ґрунті часто зустрічаються природні радіоактивні елементи, такі як уран-238, торій-232, радій-226 та калій-40. Ці елементи здатні проникати в рослини через кореневу систему, накопичуючись у різних частинах рослин, зокрема в стеблах та зерні. У залежності від складу ґрунту, типу рослин і їхнього режиму зростання, концентрація радіонуклідів може змінюватися, що впливає на рівень забруднення рослинної продукції.

Наприклад, високий вміст калію-40 спостерігається в деяких ґрунтах, що сприяє його накопиченню в зерні, особливо в пшениці.

Джерело	Приклад радіонуклідів	Шляхи надходження
Космічне випромінювання	Вуглець-14, тритій	Атмосфера → ґрунт → рослини
Природні ізотопи земної кори	Калій-40, уран-238	Ґрунт → коріння → зерно

Основним джерелом радіоактивного забруднення зернових культур є антропогенні фактори.

Техногенні джерела радіоактивного забруднення значною мірою впливають на екологічну ситуацію, зокрема в аграрних регіонах. Одним із найбільш значущих джерел є аварії на атомних електростанціях (АЕС), зокрема аварії в Чорнобилі у 1986 році та Фукусімі в 2011 році. Після цих катастроф у навколишнє середовище потрапили радіонукліди, такі як цезій-137 та стронцій-90. Ці елементи, через свою здатність до тривалого перебування в навколишньому середовищі, потрапляють в ґрунти, водні ресурси та рослини, що призводить до їхнього накопичення в аграрній продукції.

Ще одним джерелом радіоактивного забруднення є ядерні випробування, які проводилися в середині ХХ століття в різних частинах світу. Радіонукліди, такі як плутоній-239 і стронцій-90, осідали на поверхні ґрунту, потрапляючи в екосистему. Ці ізотопи також можуть накопичуватися в рослинах і тваринах, що змінює безпеку харчових продуктів.

Промислові джерела радіації, зокрема металургія та видобуток урану, також можуть бути джерелами забруднення радіонуклідами. Під час цих процесів викидаються радіоактивні частки, які осідають на ґрунті та воді, а також можуть потрапляти в аграрну продукцію.

Використання радіоактивних матеріалів у сільському господарстві, наприклад, фосфатних добрив, може призводити до забруднення ґрунтів природними радіонуклідами, такими як радон і торій, що накопичуються в рослинах. Це особливо стосується регіонів, де використовуються фосфатні

добрива, що містять невеликі, але значущі кількості природних радіоактивних елементів.

Наприклад, цезій-137, що потрапив в ґрунт після аварії на Чорнобильській АЕС, осідав на поверхні та через кореневу систему потрапляв у рослини, що призводило до його накопичення в продуктах рослинного походження, таких як зерно та овочі. Це створювало ризики для здоров'я людей, що споживали забруднену продукцію.

Техногенне джерело	Радіонукліди	Зона ризику
Аварії на АЕС	Цезій-137, стронцій-90	Україна, Білорусь
Ядерні випробування	Плутоній-239, стронцій-90	Глобально
Фосфатні добрива	Радій-226, торій-232	Локальні зони

Переміщення радіонуклідів у системі "ґрунт–рослина" є важливим процесом, який визначає ступінь забруднення рослин і їх продукції. Радіонукліди, що потрапляють в атмосферу або ґрунт, можуть бути поглинені рослинами через їх кореневу систему. Після цього ці небезпечні ізотопи накопичуються в різних частинах рослин, зокрема в стеблах, листі та зерні.

Вміст радіонуклідів у рослинах залежить від кількох факторів. Одним з основних є тип ґрунту. Наприклад, піщані ґрунти мають гіршу здатність утримувати радіонукліди порівняно з глинистими ґрунтами, що означає, що радіонукліди з таких ґрунтів можуть легше проникати в рослини. Інший важливий фактор — це вид культури. Зернові та зернобобові культури мають різну здатність накопичувати радіоактивні ізотопи. Зазвичай зернові культури, через свою високу транспірацію і специфічну будову кореневої системи, можуть накопичувати більше радіонуклідів, ніж інші види рослин.

Цей процес переміщення радіонуклідів також залежить від фізико-хімічних властивостей ґрунту, таких як рН, вологість та температура, а також від наявності органічних сполук, які можуть впливати на здатність ґрунту утримувати ці елементи. Тому правильне розуміння і контроль за цими факторами є важливими

для оцінки забруднення сільськогосподарських культур радіоактивними речовинами.

Схема переміщення радіонуклідів



7.2. Фактори, що визначають інтенсивність переходу радіонуклідів з ґрунту в рослини

Інтенсивність переходу радіонуклідів з ґрунту в рослини залежить від численних факторів, які визначають, наскільки ефективно ці ізотопи потрапляють у рослинну тканину через кореневу систему.

Перш за все, важливим є хімічний склад ґрунту. Різні хімічні елементи в ґрунті можуть взаємодіяти з радіонуклідами, змінюючи їх біодоступність для рослин. Наприклад, іони кальцію можуть утворювати зв'язки з радіоактивними ізотопами, що знижує їх доступність для поглинання коренями рослин. Водночас інші елементи, такі як калій або натрій, можуть підвищувати мобільність радіонуклідів, що сприяє їх переходу в рослинні тканини.

Фактори, які визначають інтенсивність переходу радіонуклідів з ґрунту в рослини

Фактор	Вплив на перехід радіонуклідів
Хімічний склад ґрунту	Взаємодія хімічних елементів ґрунту з радіонуклідами змінює їх біодоступність для рослин.
Вологість ґрунту	Вища вологість сприяє переміщенню радіонуклідів через кореневу систему рослин. Низька вологість зменшує цей процес.
Тип ґрунту	Піщані ґрунти мають більшу мобільність радіонуклідів, глинисті ґрунти утримують їх краще.
Властивості радіонуклідів	Легко рухливі ізотопи (цезій-137) мають більшу здатність до поглинання рослинами, ніж важчі ізотопи (плутоній-239).
Тип рослини	Зернові культури поглинають більше радіонуклідів, зернобобові — менше.
Температура і світловий режим	Вища температура сприяє активному росту рослин і збільшує поглинання радіонуклідів.
Часова залежність	Спочатку забруднення високі, з часом концентрація радіонуклідів зменшується.

Іншим важливим фактором є вологість ґрунту. Якщо ґрунт недостатньо вологий, процеси адсорбції та абсорбції радіонуклідів сповільнюються. Висока вологість ґрунту сприяє більшому транспорту радіонуклідів, оскільки вода сприяє їх переміщенню через капілярні канали в коренях рослин, що може призвести до більшого поглинання радіонуклідів.

Тип ґрунту також має значний вплив на інтенсивність переходу радіонуклідів. Наприклад, у піщаних ґрунтах радіонукліди часто мають високу мобільність, оскільки цей тип ґрунту має пористу структуру і погано утримує воду. Водночас у глинистих ґрунтах радіонукліди утримуються в менших кількостях, оскільки глина має високий рівень адсорбції, що перешкоджає переміщенню радіонуклідів.

Властивості самих радіонуклідів також визначають їх здатність переходити з ґрунту в рослини. Наприклад, радіонукліди з меншою молекулярною масою, такі як цезій-137, легше проникають в рослини, ніж більш важкі ізотопи, такі як стронцій-90 або плутоній. Цезій, зазвичай, має високу здатність до рухливості в ґрунті, оскільки його хімічні властивості схожі з властивостями калію, який легко поглинається рослинами.

Тип рослини також суттєво впливає на ступінь поглинання радіонуклідів. Зернові культури, як правило, мають більш високу здатність до накопичення радіоактивних ізотопів через особливості будови їх кореневої системи та процесів метаболізму. Оскільки ці культури мають високий рівень транспірації і великий обсяг кореневої системи, радіонукліди можуть швидко потрапляти в їх тканини. Зернобобові культури, навпаки, можуть мати нижчу здатність до накопичення радіонуклідів завдяки особливостям азотного обміну та здатності до фіксації азоту в коренях.

Температура та світловий режим також можуть впливати на інтенсивність переходу радіонуклідів. Зазвичай тепліші температури сприяють активнішому росту рослин і підвищеній діяльності кореневої системи, що збільшує поглинання радіонуклідів. Однак надмірна температура може також призвести до зменшення здатності рослин поглинати вологу та корисні елементи, що може знизити ефективність накопичення радіонуклідів.

Часова залежність є ще одним важливим аспектом. З часом концентрація радіонуклідів в ґрунті може змінюватися через різні фактори, такі як деградація або осадження, що впливає на доступність цих елементів для рослин. Відповідно, в перші роки після забруднення рівень радіонуклідів у рослинах може бути високим, але з часом, якщо забруднення ґрунту зменшується, це може призвести до зниження їх вмісту в рослинній продукції.

Усі ці фактори взаємодіють і впливають на загальний рівень забруднення рослин радіонуклідами. Правильне розуміння цих процесів дозволяє ефективно оцінювати екологічний ризик та визначати заходи для зниження впливу радіації на сільськогосподарську продукцію.

Фактори, що визначають перехід радіонуклідів від зерна до зернопродуктів (такі як борошно, крупа та комбікормів), також мають важливе значення в оцінці забруднення харчових продуктів.

Радіоактивне забруднення зернових культур виникає внаслідок випадіння радіоактивних речовин із атмосфери на поверхню ґрунту, рослин, води, або через поглинання корінням забруднених речовин із ґрунту та води, що може статися в результаті ядерних випробувань, аварій на атомних електростанціях, використання радіоактивних матеріалів у промисловості, військових конфліктів або природних явищ.

Джерела радіоактивного забруднення:

- аварії на атомних електростанціях (наприклад, Чорнобильська катастрофа, аварія на Фукусімі).
- ядерні випробування.
- викиди радіоактивних речовин під час промислових або медичних процесів.
- військові конфлікти із застосуванням ядерної зброї.
- природні джерела (наприклад, радон у ґрунті).

Основні радіонукліди, що впливають на зернові культури:

- Цезій-137 (Cs-137) — довгоживучий радіонуклід, який накопичується в рослинах і тваринах.
- Стронцій-90 (Sr-90) — аналог кальцію, накопичується в кістках, зубах, а також у зернових культурах.
- Йод-131 (I-131) — короткоживучий радіонуклід, небезпечний для щитоподібної залози, але швидко розпадається.

Вплив радіоактивного забруднення на зернові культури:

- пряме забруднення — осідання радіоактивних частинок на поверхню зернових культур.
- накопичення через ґрунт — рослини поглинають радіонукліди з ґрунту через кореневу систему.

– радіоактивне опромінення — тривалий вплив радіації на генетичний матеріал рослин, що може призвести до мутацій, зниження врожайності та якості зерна.

Накопичення радіонуклідів в організмі через споживання забруднених зернових може призводити до розвитку ракових захворювань, порушень роботи внутрішніх органів, генетичних змін, ураження кісткової тканини.

Йод-131 може впливати на щитоподібну залозу, а Стронцій-90 та Цезій-137 накопичуються в кістках і м'язах, завдаючи довготривалого впливу на організм.

Здатність різних зернових культур до радіоактивного забруднення

Зернова культура	Схильність до накопичення Цезію-137	Схильність до накопичення Стронцію-90	Причини забруднення	Рівень ризику
Пшениця	Помірна	Низька	Відносно низьке поглинання з ґрунту	Середній
Жито	Висока	Помірна	Висока здатність поглинати цезій	Високий
Ячмінь	Помірна	Помірна	Поглинання цезію та стронцію	Середній
Овес	Висока	Висока	Інтенсивне поглинання радіонуклідів	Високий
Кукурудза	Низька	Висока	Високе поглинання стронцію	Середній
Рис	Висока	Низька	Інтенсивне поглинання з води	Високий
Гречка	Низька	Низька	Менша здатність до накопичення	Низький

Основні фактори, які впливають на перехід радіонуклідів

Фактор	Вплив на перехід радіонуклідів до зернопродуктів (борошно, крупа) та комбікормів
Тип і вид зерна	Різні види зерна мають різну здатність до накопичення радіонуклідів. Зернові культури, такі як пшениця та кукурудза, можуть накопичувати радіонукліди через кореневу систему і згодом передавати їх у насіння, яке використовується для виробництва борошна і круп.
Методи обробки зерна	Обробка зерна на етапах очищення, мелення і виготовлення круп може впливати на рівень радіонуклідів у кінцевому продукті. При процесах, таких як мелення, більшість радіонуклідів концентрується у висівках, що може знижувати їх концентрацію в самому борошні, але збільшується їх частка у відходах.
Технологія виробництва комбікормів	У виробництві комбікормів важливою є не лише якість сировини, а й технологічні умови. Якщо в складі комбікорму використовуються забруднені компоненти (зерно, білкові добавки), то це може призвести до накопичення радіонуклідів в кінцевому продукті.
Склад і тип добавок у комбікормах	Види добавок до комбікормів можуть мати вплив на накопичення та перехід радіонуклідів. Наприклад, мінеральні добавки можуть або знижувати, або сприяти переносу радіонуклідів через зміни в хімічному складі комбікорму.
Ступінь очищення та сортування зерна	Очищення зерна від різних домішок може зменшити концентрацію радіонуклідів у кінцевому продукті. Відсутність належного сортування може призвести до потрапляння радіонуклідів в готову продукцію.
Зберігання та транспортування	Умови зберігання зерна та комбікорму, такі як вологість, температура та час зберігання, можуть впливати на рівень

	радіоактивного забруднення. За неправильних умов зберігання радіонукліди можуть переміщатися в верхні шари зерна чи комбікорму, збільшуючи їх концентрацію в кінцевому продукті.
Наявність радіонуклідів у добавках	У комбікормах можуть бути додаткові добавки, такі як фосфатні мінерали, що містять природні радіонукліди, зокрема радон і торій, які можуть додатково забруднювати кормову продукцію.

При помелі зерна в борошно, радіонукліди можуть залишатися в менш оброблених частинах, таких як висівки, але частина радіонуклідів потрапляє і в борошно. Тому в більш грубому помелі (наприклад, при виготовленні борошна обойного) концентрація радіонуклідів може бути вищою, ніж у борошні вищого сорту.

Перед переробкою зерно часто очищають від зовнішніх домішок і частково видаляють пошкоджені частини, що може знизити рівень забруднення радіонуклідами в кінцевому продукті, однак значні залишки радіонуклідів можуть зберігатися в оболонці зерна, особливо в неззараженому зерні.

У процесі виробництва комбікормів, радіонукліди можуть бути поглинені чи трансформовані під впливом різних добавок та компонентів корму, що може вплинути на їх концентрацію в кормових продуктах.

7.3. Загальні принципи використання прийомів по зменшенню переходу радіонуклідів в зерно та зернопродукти

Методами зменшення радіоактивного забруднення є впровадження сучасних агротехнічних і технологічних підходів, що дозволяють знизити рівень накопичення радіонуклідів у ґрунті та продукції сільського господарства. Один із таких методів полягає у застосуванні добрив, які блокують поглинання радіоактивних речовин рослинами. Використання калійних і кальцієвих добрив

зменшує доступність цезію-137 і стронцію-90 для корневих систем рослин, що допомагає захистити врожай.

Глибока оранка також є ефективним методом, оскільки вона сприяє перемішуванню верхнього забрудненого шару ґрунту із глибшими шарами, що містять менше радіоактивних часток. Це не лише знижує концентрацію радіонуклідів у зоні росту коренів, а й зменшує ризик їх поширення в атмосферу під час вітрової ерозії.

Ще одним важливим заходом є вапнування ґрунтів, яке дозволяє зменшити мобільність радіоактивного стронцію, особливо в кислих ґрунтах. Підвищення рН ґрунту шляхом внесення вапна обмежує міграцію цього елемента, роблячи його менш доступним для рослин.

Фільтрація та очищення води для зрошення також відіграють ключову роль у зменшенні радіоактивного забруднення. Спеціальні фільтри, хімічні реагенти та осадження радіонуклідів дозволяють отримувати безпечну воду, яка не спричиняє додаткового накопичення радіоактивних речовин у ґрунті та культурних рослинах.

Забруднення зернових культур радіонуклідами є значною загрозою для здоров'я людей. Тому моніторинг і контроль рівнів радіації в продуктах харчування мають бути обов'язковими заходами в регіонах, що зазнали впливу радіоактивних викидів.

Для мінімізації забруднення зернових та зернобобових культур радіонуклідами необхідно застосовувати комплекс агротехнічних, хімічних і технологічних прийомів. Дані заходи спрямовані на зниження мобільності радіонуклідів у ґрунті, їх поглинання рослинами та перехід до кінцевого продукту.

Застосування комплексного підходу до зменшення накопичення радіонуклідів дозволяє ефективно знижувати ризики радіоактивного забруднення зерна, зернопродуктів і комбікормів.

Хімічні прийоми



Внесення калійних добрив

Калій знижує поглинання рослинами цезію-137, оскільки вони конкурують за однакові метаболічні шляхи. Це особливо ефективно для зернових культур

Внесення фосфатних добрив

Зменшує накопичення стронцію-90 в рослинах, оскільки радіоактивний ізотоп конкурує з кальцієм і фосфором

Застосування органічних добрив

Внесення перегною або торфу зменшує рухливість радіонуклідів у ґрунті завдяки їхній адсорбції органічними речовинами

Сорбенти

Використання спеціальних мінеральних добавок, таких як цеоліти або глини, які зв'язують радіонукліди і зменшують їх доступність для рослин

Технологічні прийоми



Очищення зерна

Попереднє очищення зерна перед переробкою дозволяє видалити поверхнєве забруднення, яке могло осісти на оболонці насіння

Обробка продуктів

При виготовленні борошна: більшість радіонуклідів концентрується у висівках, які зазвичай вилучаються, знижуючи їх рівень у борошні

При виготовленні круп: обробка зерна (миття, шліфування) зменшує вміст радіонуклідів у продукті

Зберігання зерна

Забезпечення умов для зберігання (низька вологість, контроль забруднень) мінімізує вторинне накопичення радіонуклідів

Питання для самоконтролю

1. Як змінилися джерела радіонуклідного забруднення зернових культур після аварії на Чорнобильській АЕС?
2. Які чинники впливають на мобільність радіонуклідів у ґрунті та їх перехід у зерно?
3. Чому піщані ґрунти більш схильні до переміщення радіонуклідів у порівнянні

з глинистими?

4. Які види зернових культур найбільше накопичують радіонукліди і чому?
5. Які агротехнічні методи найефективніше знижують накопичення радіонуклідів у зернових культурах?
6. Як технологічні процеси переробки зерна впливають на рівень радіонуклідів у кінцевій продукції?
7. Яка роль міжнародних стандартів у моніторингу радіоактивного забруднення харчових продуктів?

Література

1. Гончарук, В. В., Гребенюк, С. М. (2014). Радіоактивне забруднення навколишнього середовища: проблеми та перспективи. — Київ: Академія, 320 с.
2. Воронін, В. М., Ковальчук, В. І. (2016). Радіоекологія: підручник. — Харків: Фоліо, 256 с.
3. Кривонос, В. М. (2017). Основи моніторингу забруднення продуктів харчування радіонуклідами. — Вінниця: Нова книга, 192 с.
4. Забродський, В. О., Кузьменко, О. С. (2015). Екологічна безпека сільськогосподарських угідь: агротехнічні аспекти. — Львів: Світ, 275 с.
5. Мірошніченко, О. О., Борисюк, Н. М. (2018). Основи радіаційної безпеки в аграрному секторі: навчальний посібник. — Одеса: Ліра, 300 с.
6. Державні санітарні норми та правила радіаційної безпеки України (ДСПУ, 2017). Київ: МОЗ України, 48 с.
7. Кожушко, Л. І. (2019). Методичні рекомендації з оцінки радіоактивного забруднення зернових культур. — Дніпро: ДУ АГРОНАУКА, 120 с.

ТЕМА 8

ЗЕРНОВЕ ГОСПОДАРСТВО, ЯК ОСНОВА ПРОДОВОЛЬЧОЇ БЕЗПЕКИ УКРАЇНИ

План:

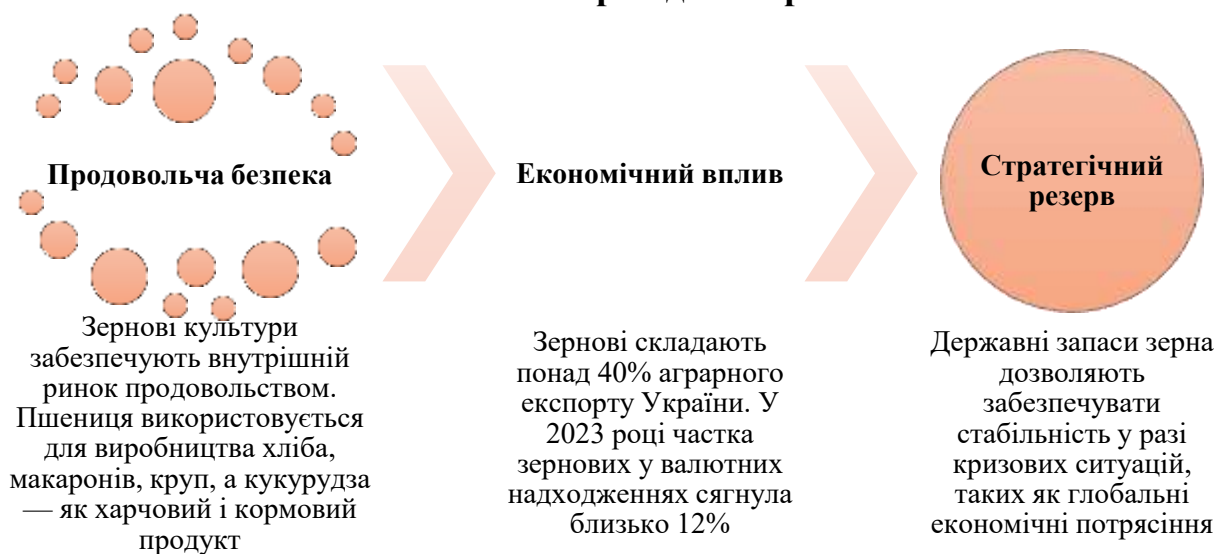
- 8.1. Зерно головний продовольчий резерв України
- 8.2. Наукові основи продовольчої безпеки зерна
- 8.3. Стратегії зменшення ризиків та підвищення безпеки зернових ресурсів та зернопродуктів

8.1. Зерно головний продовольчий резерв України

Зернові культури відіграють ключову роль у забезпеченні продовольчої безпеки, оскільки є основою раціону мільярдів людей по всьому світу. Пшениця, рис, кукурудза, ячмінь, овес та інші культури використовуються як безпосередньо для харчування, так і як корм для тварин та сировина для промисловості. Завдяки високій калорійності, тривалому зберіганню та можливості переробки, зерно є стратегічним резервом у більшості країн світу.

Україна, завдяки своїм природним ресурсам, зокрема родючим чорноземам і сприятливому клімату, є одним із провідних виробників зернових культур у світі. Зерно не лише забезпечує продовольчу безпеку країни, але й є стратегічним експортним ресурсом, що відіграє важливу роль в економіці.

Значення зерна для України



Основні зернові культури України

Культура	Площа посіву (млн га)	Урожайність (т/га)	Валовий збір (млн тонн)	Призначення
Пшениця	6,5	4,0	26	Хліб, крупи, експорт
Кукурудза	5,5	7,0	38	Корм, експорт, біопаливо
Ячмінь	2,6	3,3	8,6	Пиво, корм
Овес, просо	1,0	2,5	2,5	Крупи

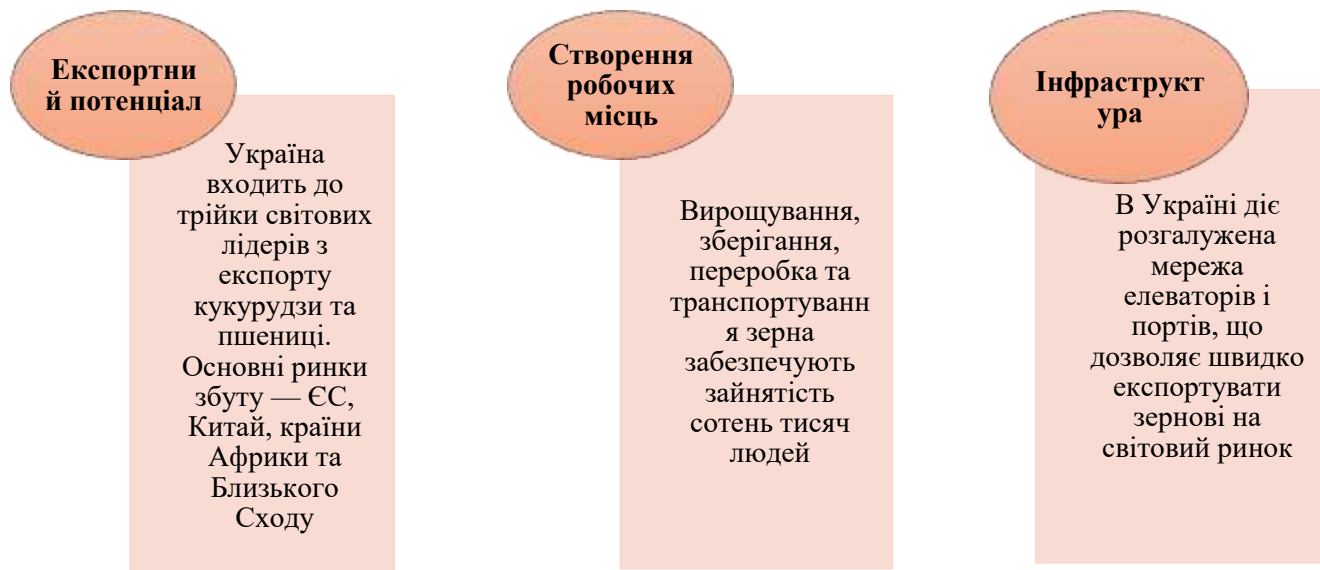
Зернові культури є стратегічним ресурсом для України, адже вони формують основу як продовольчої безпеки, так і економічної стабільності країни. Завдяки своїм природним перевагам, таким як родючі ґрунти, сприятливий клімат і розвинена аграрна культура, Україна займає провідні позиції у світовому виробництві та експорті зерна. Зернопереробна галузь не лише приносить значні валютні надходження, а й сприяє розвитку внутрішньої інфраструктури та забезпеченню населення робочими місцями.

Експорт зернових робить Україну ключовим гравцем на міжнародному ринку агропродукції, створюючи економічні можливості для країни навіть в умовах глобальних викликів. Водночас розвинута логістична система, що включає порти та елеватори, дозволяє ефективно задовольняти потреби як внутрішнього ринку, так і закордонних партнерів. Зерновий сектор виступає не лише джерелом економічного зростання, але й інструментом формування позитивного іміджу України на міжнародній арені.

Зернове господарство є важливою галуззю агропромислового комплексу, яка відіграє ключову роль у забезпеченні продовольчої безпеки та світовій торгівлі. Кожен регіон світу має свої особливості в структурі виробництва зернових культур, які залежать від кліматичних умов, традицій харчування та економічних пріоритетів. Наведена таблиця демонструє основні показники

зернового господарства в різних частинах світу, включаючи домінуючі культури, обсяги виробництва, роль у харчуванні населення та внесок у світову торгівлю.

Роль зернових в економіці України



Порівняння зернового господарства у світі

Регіон	Основні зернові культури	Валовий збір (млн тонн)	Частка у харчуванні (%)	Експорт, частка від світового обсягу (%)
Україна	Пшениця, кукурудза, ячмінь	70	70	10
Європа	Пшениця, жито, ячмінь	290	60	20
США	Кукурудза, пшениця, соя	440	50	35
Азія	Рис, пшениця, кукурудза	1,200	80	5
Африка	Просо, кукурудза, сорго	150	75	3

8.2. Наукові основи продовольчої безпеки зерна

Наукові основи продовольчої безпеки зерна охоплюють широкий спектр досліджень і розробок, спрямованих на забезпечення стабільності, якості та безпечності зернових ресурсів, що ґрунтуються на міждисциплінарному підході,

який поєднує досягнення агрономії, біотехнологій, фітопатології, харчової хімії та екології.

Агрономічні дослідження відіграють ключову роль у забезпеченні високих врожаїв та їхньої стійкості до зовнішніх загроз. Особлива увага приділяється розробці нових сортів зернових культур, які показують стійкість до хвороб і шкідників. Також важливим аспектом є оптимізація обробки ґрунтів і застосування добрив, що дозволяє не лише підвищити врожайність, але й зменшити залишкові концентрації пестицидів у зерні. Актуальним напрямом є дослідження впливу кліматичних змін на зернові культури, оскільки нестабільні погодні умови суттєво впливають на якість і безпеку продукції.

Фітопатологія зосереджується на вивченні патогенів і шкідників, що загрожують зерновим культурам. Розробка ефективних і екологічно безпечних методів боротьби з цими факторами є важливим завданням. Не менш значущим є дослідження умов зберігання, які запобігають розвитку цвілей та інших шкідливих мікроорганізмів, здатних забруднити зерно токсичними сполуками.

Біотехнологічні розробки відкривають нові можливості для підвищення стійкості зернових культур до несприятливих факторів. Генетична модифікація дозволяє створювати рослини, які краще адаптуються до змін клімату та мають підвищену стійкість до хвороб. Крім того, розробка біологічних засобів захисту сприяє екологічній безпеці сільського господарства.

Харчова хімія зосереджується на детальному аналізі складу зерна, включаючи білки, вуглеводи, мінерали та вітаміни. Одним із пріоритетів є дослідження забруднень зерна важкими металами, пестицидами, мікотоксинами та іншими шкідливими речовинами, а також їхнього впливу на здоров'я людей.

Екологічні аспекти досліджень пов'язані з вивченням впливу забруднень навколишнього середовища на якість зерна. Особливу увагу приділяють розробці методів зменшення антропогенного впливу на агроєкосистеми, що сприяє поліпшенню загальної екологічної ситуації в аграрному секторі.

Важливим напрямом є розробка технологій зберігання та переробки зерна. Науковці досліджують способи зберігання, які мінімізують втрати якості та

запобігають забрудненню зерна під час тривалого зберігання. Інноваційні технології переробки дозволяють зберегти його харчову цінність, забезпечуючи безпеку кінцевого продукту.

Нарешті, системи управління безпекою зерна, такі як HACCP та ISO 22000, відіграють вирішальну роль у контролі якості продукції на всіх етапах її виробництва, зберігання та транспортування. Впровадження науково обґрунтованих систем моніторингу допомагає забезпечити стабільність і безпеку зернових ресурсів для населення.

Науково-технічний прогрес є фундаментом забезпечення продовольчої безпеки зернових культур в Україні. Виконання державних програм у цій галузі базується на впровадженні передових технологій, селекції нових сортів, адаптованих до змін клімату, та розвитку сучасної аграрної інфраструктури.

Розвиток генетики та селекції є ключовим елементом у підвищенні врожайності та адаптації зернових культур до змін клімату.

Основні напрямки досліджень:

- ❖ створення високопродуктивних і стійких до хвороб сортів.
- ❖ розвиток культур, стійких до посухи та інших несприятливих умов.
- ❖ використання методів генетичної модифікації для підвищення якості зерна (наприклад, збагачення мікроелементами).

Приклад: *У Україні активно впроваджуються сорти пшениці, адаптовані до посушливих умов південних регіонів. Водночас, європейські країни зосереджуються на розробці сортів, стійких до грибкових хвороб.*

Сучасні агротехнології спрямовані на підвищення ефективності вирощування зернових і зниження витрат ресурсів.

Технології включають:

- ❖ нульова або мінімальна обробка ґрунту (No-Till), що зменшує ерозію та зберігає вологу.
- ❖ системи точного землеробства, зокрема GPS-моніторинг, датчики для аналізу ґрунту і внесення добрив.

- ❖ біологічні засоби захисту рослин заміна хімічних пестицидів більш екологічними варіантами.

Приклад: *В Україні дедалі ширше застосовується No-Till у центральних і південних регіонах. У США фермери масово використовують точне землеробство, що допомагає знижувати витрати на паливо і добрива.*

Якість зерна значною мірою залежить від умов його зберігання. Ефективні системи зберігання допомагають знизити втрати через грибкові ураження, шкідників і псування.

Основні підходи:

- ❖ використання сучасних елеваторів із системами контролю температури та вологості.
- ❖ впровадження інноваційних методів консервації, таких як аерування або інертні гази.
- ❖ створення глибоких переробних потужностей для виготовлення борошна, кормів та інших продуктів.

Приклад: *В Україні мережа елеваторів швидко модернізується для відповідності європейським стандартам. У Китаї та Індії активно впроваджуються мікросклади для збереження зерна в сільських громадах.*

Вирощування зерна має бути екологічно збалансованим, щоб не виснажувати природні ресурси.

Основні екологічні підходи:

- ❖ застосування сидератів для поліпшення стану ґрунтів.
- ❖ раціональне використання водних ресурсів, особливо у посушливих регіонах.
- ❖ контроль за використанням пестицидів та добрив для мінімізації шкоди довкіллю.

Приклад: *В ЄС діють суворі нормативи щодо екологічного землеробства, які передбачають поступове зниження використання хімічних добрив. В Україні розробляються програми з відновлення родючості чорноземів.*

Наука також сприяє розвитку економічних механізмів підтримки фермерів і агровиробників, таких як страхування врожаїв, інвестиції в інновації та міжнародне співробітництво.

Забезпечення продовольчої безпеки зерна вимагає гармонійної взаємодії науки, технологій та ефективного управління. Завдяки інноваційним рішенням Україна має всі передумови для утримання провідних позицій на світовому ринку зерна.

8.3 Стратегії зменшення ризиків та підвищення безпеки зернових ресурсів та зернопродуктів

Стратегії зменшення ризиків та підвищення безпеки зернових ресурсів охоплюють широкий спектр заходів, спрямованих на запобігання забрудненням, оптимізацію умов зберігання та вдосконалення управлінських практик у зерновій галузі.

Одним із важливих напрямів є оптимізація умов зберігання зерна. Забезпечення належних параметрів температури, вологості та вентиляції дозволяє уникнути розвитку цвілі та інших патогенних організмів, які становлять небезпеку для здоров'я споживачів. Інноваційним рішенням у цій сфері є використання герметичних силосів із контрольованим середовищем, що мінімізує ризики псування та втрати якості зерна.

Зниження рівня забруднень у зернових ресурсах залишається ключовим завданням. Особливу увагу приділяють моніторингу вмісту пестицидів, важких металів, мікотоксинів та інших шкідливих речовин. Впровадження екологічно чистих технологій у виробництво сприяє не лише зменшенню забруднень, але й підвищенню екологічної стійкості агроecosystem.

Сучасні технології також відіграють важливу роль у зменшенні ризиків. Новітні агротехнології дозволяють знизити вплив змін клімату та нестабільних погодних умов на зернові культури. Використання генетично модифікованих

сортів підвищує їхню стійкість до шкідників і хвороб, що сприяє збереженню якості врожаїв.

Особливого значення набуває удосконалення системи управління ризиками. Для цього розробляють програми управління ризиками, які враховують специфіку виробництва та зберігання зерна. Регулярні тренінги для персоналу допомагають підвищити обізнаність про потенційні загрози та методи їх мінімізації, що є важливим елементом безпеки в галузі.

Законодавче регулювання є фундаментом забезпечення безпеки зернових ресурсів. Дотримання міжнародних та національних стандартів якості та безпеки, впровадження прозорих процедур сертифікації та маркування продукції сприяє підвищенню довіри споживачів і розширенню експортних можливостей.

Інформаційна підтримка та просвіта також відіграють важливу роль у забезпеченні безпеки зернопродуктів. Проведення інформаційних кампаній для фермерів і споживачів сприяє підвищенню обізнаності щодо безпечного виробництва та споживання зерна. Крім того, створення баз даних про потенційні ризики та способи їх мінімізації сприяє підвищенню ефективності управлінських рішень у цій сфері.

Застосування зазначених стратегій у комплексі забезпечить значне підвищення безпеки зернових ресурсів, створюючи надійну основу для збереження якості продукції та захисту інтересів споживачів.

Питання для самоконтролю

1. Як впровадження сучасних агротехнологій впливає на конкурентоспроможність українського зернового господарства?
2. Чи є експорт зернових культур пріоритетом для продовольчої безпеки України, чи створює це ризики для внутрішнього ринку?
3. Які генетичні модифікації зернових культур можуть найбільше сприяти вирішенню глобальних проблем, таких як голод чи зміна клімату?
4. Які перспективи має точне землеробство для підвищення ефективності зернового господарства в Україні?

5. Як забезпечити оптимальні умови зберігання зерна для мінімізації втрат і збереження якості?
6. Наскільки ефективними є інтегровані системи захисту зернових культур від хвороб, шкідників та бур'янів?
7. Які механізми державної підтримки можуть найбільше сприяти розвитку зернового господарства в Україні?

Література

1. Закон України "Про основні засади забезпечення продовольчої безпеки України" // Верховна Рада України.
2. Кабінет Міністрів України. Програма розвитку агропромислового комплексу України до 2030 року. Київ: 2023.
3. Кушнар'ов, В. М. Агроекономічні основи формування зернового ринку України. Київ: Центр навчальної літератури, 2018.
4. Трегобчук, В. М., і Шемет, В. А. Наукові основи продовольчої безпеки України. Харків: Основа, 2019.
5. FAO. Global Wheat Market Review. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2021.
6. Матвієнко, П. В. Інноваційні технології у виробництві зернових культур. Журнал "Агросвіт", №4, 2022, с. 12–19.
7. Харченко, І. А. Екологічні аспекти використання пестицидів і добрив у зерновому господарстві. Журнал "Екологія і виробництво", №3, 2023, с. 28–35.

ГЛОСАРІЙ

Екологічна безпека зерна – стан зернової продукції, який відповідає встановленим нормативам щодо вмісту токсичних речовин, мікотоксинів, радіонуклідів, пестицидів та інших забруднювачів.

ДСТУ 3768:2010 – державний стандарт України, який регулює вимоги до якості та екологічної безпеки зерна.

ДСанПіН 8.8.1.2.3.4-000–2001 – санітарні правила та норми, що визначають допустимі рівні забруднення зернової продукції.

МБТ № 5061-89 – міжнародний документ, що містить вимоги до безпеки зернових продуктів.

Токсичні елементи – хімічні речовини, що мають шкідливий вплив на здоров'я людини і природу (свинець, кадмій, ртуть, тощо).

Свинець (Pb) – токсичний елемент, допустимий рівень якого в зерні в Україні становить 0,5 мг/кг.

Кадмій (Cd) – важкий метал, допустимий рівень у зерні становить 0,1 мг/кг.

Мікотоксини – токсичні речовини, які продукують цвілеві гриби; основні: афлатоксин, зеараленон, Т-2 токсин.

Афлатоксин В1 – найнебезпечніший мікотоксин, допустимий рівень в Україні становить 0,005 мг/кг.

Зеараленон – мікотоксин, що впливає на ендокринну систему; допустимий рівень – 1 мг/кг.

Миш'як (As) – токсичний метал, присутність якого в зерні має контролюватися, хоча в Україні нормативи відсутні.

Ртуть (Hg) – один із токсичних елементів, допустимий рівень у зерні в Україні – 0,03 мг/кг.

Мідь (Cu) – важливий мікроелемент, надлишок якого є токсичним; допустимий рівень в Україні – до 10 мг/кг.

Цинк (Zn) – мікроелемент, регульований у зерні; допустимий рівень в Україні – 50 мг/кг.

Радіонукліди – радіоактивні ізотопи, наприклад, стронцій-90 і цезій-137, допустимі рівні яких регулюються стандартами.

Стронцій-90 – радіонуклід, допустимий рівень якого в зерні в Україні – 50 Бк/кг.

Цезій-137 – радіонуклід, допустимий рівень – 20 Бк/кг.

Пестициди – хімічні речовини, що використовуються для захисту рослин, контроль залишків яких регулюється ДСанПіН.

Codex Alimentarius – міжнародні харчові стандарти, які регламентують безпеку харчових продуктів, включаючи зерно.

FDA – Агентство з контролю за продуктами та ліками США, яке встановлює стандарти безпеки харчових продуктів.

EPA – Агентство з охорони навколишнього середовища США, що регулює вміст забруднювачів у зерні.

Афлатоксини групи G – токсини, які включають афлатоксини G1 і G2, їх сумарний допустимий рівень у ЄС – 0,004 мг/кг.

Нітрати – неорганічні солі азоту, перевищення рівнів яких у зерні є небезпечним для здоров'я.

Фузаріоз – грибкове захворювання злакових культур, яке супроводжується утворенням мікотоксинів.

Антибіотики у зерні – залишкові кількості, що можуть бути наслідком обробки сировини під час зберігання.

Гігієнічна характеристика важких металів – оцінка впливу важких металів у харчовій продукції на здоров'я людини.

Технічне зерно – зерно, що використовується для технічних або кормових цілей, а не для споживання людиною.

Продовольче зерно – зерно, яке відповідає нормативам безпеки і призначене для харчового використання.

Експортна придатність зерна – відповідність зернової продукції міжнародним стандартам, що дозволяє її експортувати.

Натура зерна – показник ваги об'єму зерна, важливий для оцінки якості.

Зернова домішка – частка сторонніх матеріалів у зерні, допустимий рівень якої залежить від стандарту.

Сила борошна – показник якості борошна, отриманого із зерна, який впливає на хлібопекарські властивості.

Зараженість шкідниками – показник екологічної безпеки зерна, що враховує вплив комах на якість продукції.

Продовольча безпека України – стратегічна мета, що передбачає забезпечення населення якісним зерном.

Фітосанітарний контроль – система заходів для виявлення, попередження і ліквідації шкідників, хвороб та бур'янів у зерні.

Охорона здоров'я споживачів – основна мета екологічної безпеки зернової продукції, яка передбачає зниження ризиків для здоров'я.

Комбікорм – кормова продукція, яка виробляється із зерна і має відповідати екологічним стандартам безпеки.

Система НАССР – міжнародний підхід до аналізу небезпек і контролю критичних точок у виробництві зерна.

Фузаріотоксини – мікотоксини, що утворюються грибами роду *Fusarium*, небезпечні для людини та тварин.

Залишкові пестициди – хімічні речовини, які залишаються у зерні після обробки і регулюються нормативами.

Регламент № 1881/2006 – документ ЄС, що встановлює максимально допустимі рівні забруднювачів у харчових продуктах.

Радіаційний контроль – перевірка зерна на вміст радіонуклідів, таких як цезій-137 та стронцій-90.

Хлорорганічні сполуки – тип пестицидів, залишки яких у зерні є небезпечними для здоров'я.

Випробувальна лабораторія – установа, що здійснює аналіз зерна на відповідність стандартам екологічної безпеки.

Критерії Codex Alimentarius – міжнародні показники безпечності, які є обов'язковими для експорту зернової продукції.

Показники якості зерна – характеристики, що визначають відповідність зерна нормативам безпеки та якості.

Важкі метали – клас токсичних елементів, до якого належать свинець, кадмій, миш'як, ртуть тощо.

Природні забруднювачі – небезпечні речовини, які потрапляють у зерно природним шляхом (наприклад, радіонукліди).

Інтегрована система захисту рослин – методика мінімізації використання пестицидів для забезпечення екологічної безпеки зерна.

ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ

1. **Що є основною метою нормативів екологічної безпеки зерна?**
 - a) Збільшення врожайності зернових культур
 - b) Забезпечення якості та безпеки зерна
 - c) Оптимізація експорту зернової продукції
2. **Який документ регламентує санітарні норми для зерна в Україні?**
 - a) ДСТУ 3768:2010
 - b) ДСанПіН 8.8.1.2.3.4-000–2001
 - c) МБТ № 5061-89
3. **Який допустимий рівень свинцю (Pb) у зерні згідно з українськими стандартами?**
 - a) 0,2 мг/кг
 - b) 0,3 мг/кг
 - c) 0,5 мг/кг
4. **Який мікотоксин має найнижчий допустимий рівень в Україні?**
 - a) Зеараленон
 - b) Афлатоксин В1
 - c) Т-2 токсин
5. **Які радіонукліди регламентуються у стандартах України?**
 - a) Радон-222 та полоній-210
 - b) Уран-238 та торій-232
 - c) Стронцій-90 та цезій-137
6. **Яка максимальна концентрація афлатоксину В1 допустима в зерні за стандартами ЄС?**
 - a) 0,002 мг/кг
 - b) 0,005 мг/кг
 - c) 0,02 мг/кг
7. **Який документ є основним регулятором екологічної безпеки харчових продуктів у ЄС?**
 - a) Codex Alimentarius

- b) Регламент № 1881/2006
 - c) Директива № 89/108/ЕЕС
8. **Який максимальний рівень цезію-137 у зерні допустимий в Україні?**
- a) 100 Бк/кг
 - b) 50 Бк/кг
 - c) 20 Бк/кг
9. **Яка країна має найжорсткіші нормативи щодо вмісту свинцю в зерні?**
- a) ЄС
 - b) США
 - c) Україна
10. **Чому українське зерно часто не відповідає міжнародним стандартам?**
- a) Через недостатній контроль радіонуклідів
 - b) Через вищий вміст токсичних речовин
 - c) Через відмінності в системі класифікації зерна
11. **Який показник в українських стандартах перевищує норми ЄС у 2,5 рази?**
- a) Свинець (Pb)
 - b) Кадмій (Cd)
 - c) Афлатоксин В1
12. **Що є основною перешкодою для експорту українського зерна?**
- a) Невідповідність стандартів мікотоксинів
 - b) Наявність радіонуклідів у зерні
 - c) Різниця в класифікації та вимогах до якості зерна
13. **Що є основним джерелом надходження важких металів у зернові культури?**
- a) Біологічні методи боротьби зі шкідниками
 - b) Забруднення ґрунту, води та повітря
 - c) Селекція культур, стійких до токсинів
14. **Який метал має найменший допустимий рівень (ГДК) у зернових продуктах для дитячого харчування?**

- a) Кадмій (Cd)
- b) Мідь (Cu)
- c) Свинець (Pb)

15. Яка концентрація кадмію (Cd) у зерні вважається безпечною згідно з українськими стандартами для загального вживання?

- a) 0,03 мг/кг
- b) 0,1 мг/кг
- c) 0,5 мг/кг

16. Який із металів найбільше накопичується у соняшнику за умов інтенсивної хімізації?

- a) Кадмій (Cd)
- b) Свинець (Pb)
- c) Цинк (Zn)

17. Який фактор найбільше впливає на рівень вмісту важких металів у зерні?

- a) Вологість повітря під час збирання врожаю
- b) Кількість сонячного світла
- c) Тип ґрунту та агротехнічні умови

18. Чому важливо враховувати коефіцієнт накопичення важких металів у рослинах?

- a) Щоб визначити потребу в пестицидах
- b) Для оцінки тривалості зберігання зерна
- c) Для оцінки ступеня забруднення продукції

19. Який з наступних металів є найбільш токсичним для організму людини при споживанні зернових?

- a) Цинк (Zn)
- b) Свинець (Pb)
- c) Мідь (Cu)

20. Що відбувається з вмістом свинцю у зерні під час його висушування?

- a) Збільшується

- b) Зменшується
- c) Не змінюється

21. Які речовини найчастіше використовуються для боротьби зі шкідниками в зернових культурах?

- a) Гербіциди
- b) Біологічні препарати
- c) Інсектициди

22. Що є основною загрозою для здоров'я людини при накопиченні пестицидів у зерні?

- a) Погіршення смаку зерна
- b) Кумулятивний ефект та токсикологічні наслідки
- c) Втрата урожайності

23. Які методи використовуються для виявлення залишків пестицидів у зерні?

- a) Хроматографія та мас-спектрометрія
- b) Рентгенографія та оптичний аналіз
- c) Візуальний огляд

24. Що передбачає органічне землеробство для зменшення вмісту пестицидів у продукції?

- a) Використання синтетичних інсектицидів
- b) Біологічні методи боротьби зі шкідниками
- c) Посилене внесення добрив

25. Який агротехнічний захід дозволяє зменшити залишки пестицидів у ґрунті?

- a) Сівозміна
- b) Зрошення полів
- c) Додавання мінеральних добрив

26. Що є однією з причин накопичення пестицидів у зернових культурах?

- a) Висока температура зберігання зерна

- b) Використання біологічних препаратів
- c) Недотримання дозування хімічних засобів

27. Який тип пестицидів може впливати на гормональну систему людини при вживанні зараженої продукції?

- a) Гербіциди
- b) Фунгіциди
- c) Інсектициди

28. Який із методів є найбільш ефективним для зниження залишків пестицидів у зерні після збору?

- a) Тривале зберігання в герметичних умовах
- b) Промивання та термічна обробка
- c) Збільшення вологості зерна

29. Що таке нітрати?

- a) Солі азотистої кислоти
- b) Солі азотної кислоти
- c) Органічні сполуки

30. Як утворюються нітрити?

- a) Внаслідок перетворення аміаку
- b) Під час перетворення нітратів
- c) У результаті фотосинтезу

31. Який природний рівень нітратів у пшениці (мг/кг)?

- a) 20–30
- b) 100–150
- c) До 50

32. Який ГДР вмісту нітратів у зернових культурах?

- a) 30–60 мг/кг
- b) 50–100 мг/кг
- c) 100–150 мг/кг

33. Що може спричинити надмірне споживання нітратів?

- a) Порушення роботи щитовидної залози

- b) Метгемоглобінемію
- c) Зниження імунітету

34. Який метод оцінки нітратів є найдоступнішим?

- a) Спектрофотометрія
- b) Реакція з дифеніламіном
- c) Тестування ґрунту

35. Чому горох накопичує більше нітратів, ніж пшениця?

- a) Через більшу потребу у воді
- b) Завдяки симбіозу з азотфіксуючими бактеріями
- c) Через вищу потребу в азотних добривах

36. Що сприяє зменшенню рівня нітратів у зернових культурах?

- a) Надмірне зрошення
- a) Балансоване внесення добрив
- b) Використання хімічних пестицидів

37. Який ризик для здоров'я викликають нітрозаміни?

- a) Канцерогенний вплив
- b) Алергічні реакції
- c) Серцево-судинні захворювання

38. Яка культура може містити до 200 мг/кг нітратів при надмірному добриві?

- a) Пшениця
- b) Кукурудза
- c) Горох

39. Яке основне джерело нітратів для людини?

- a) Питна вода
- b) Зернові культури
- c) Овочі

40. Що відбувається із зерновими продуктами при високому вмісті нітратів?

- a) Покращується смак і запах

- b) Скорочується термін зберігання
- c) Підвищується вміст білка

41.Що є основним збудником фузаріозу злакових культур?

- a) *Alternaria*
- b) *Fusarium*
- c) *Cladosporium*

42.Яка температура повітря є оптимальною для розвитку фузаріозу?

- a) 10–15°C
- b) 20–25°C
- c) 30–35°C

43.Який основний симптом ураження пшениці фузаріозом?

- a) Біло-рожевий колір зернівки
- b) Коричневий наліт на колосках
- c) Поява чорного слизу

44.Які мікотоксини найчастіше накопичуються у зерні, ураженому *Fusarium spp.*?

- a) Аспергілотоксини
- b) Т-2 токсин, дезоксиніваленол (ДОН), зеараленон
- c) Охратоксини

45.Що є найефективнішим методом для виявлення прихованої форми фузаріозу?

- a) Візуальна оцінка
- b) Молекулярно-генетичні методи (ПЛР)
- c) Біохімічний аналіз

46.Як впливає фузаріоз на масу 1000 зерен?

- a) Зменшується на 10–20%
- b) Зменшується на 39–72%
- c) Не впливає

47.Який колір може набувати кукурудза при ураженні фузаріозом?

- a) Зелений

- b) Рожевий або білий
- c) Чорний

48. Які кліматичні умови сприяють зараженню зерна фузаріозом?

- a) Висока вологість (понад 75%) і температура 20–25°C
- b) Посуха і низька вологість
- c) Холодний клімат

49. Що може з'явитися на зародковій частині зернівки при ураженні фузаріозом?

- a) Тверда оболонка
- b) Павутиноподібний наліт міцелію
- c) Сині плями

50. Який метод є найбільш ефективним для визначення мікотоксинів у зерні?

- a) Хроматографія
- b) Візуальний огляд
- c) Біологічне тестування

51. Як впливає фузаріоз на якість борошна?

- a) Збільшує кількість білка
- b) Знижує кількість білка на 1,3–5,6% та погіршує якість клейковини
- c) Не змінює якість

52. Що є головним заходом профілактики фузаріозу?

- a) Вирощування тільки кукурудзи
- b) Використання стійких сортів і правильна агротехніка
- c) Підвищення вологості під час збирання

53. Що таке мікотоксини?

- a) Метаболіти рослин, які сприяють росту грибів
- b) Токсичні речовини, що утворюються грибами під час ураження зерна
- c) Біологічні добавки, що покращують якість зерна

54. Які мікотоксини є канцерогенними?

- a) Дезоксиніваленол

- b) Т-2 токсин
- c) Афлатоксини

55. Який гриб є джерелом афлатоксинів?

- a) *Fusarium sporotrichioides*
- b) *Aspergillus flavus*
- c) *Penicillium verrucosum*

56. Що є головним фактором утворення складських мікотоксинів?

- a) Низька температура
- b) Висока вологість і погані умови зберігання
- c) Високий вміст білка в зерні

57. Який метод є ефективним для зниження рівня афлатоксинів у зерні?

- a) Термічна обробка
- b) Лужна обробка гідроксидом натрію
- c) Додавання інгібіторів плісняви

58. Як впливають афлатоксини на здоров'я людини?

- a) Викликають ураження слизової оболонки
- b) Порушують гормональний баланс
- c) Провокують рак печінки

59. Який з наступних мікотоксинів викликає репродуктивні порушення?

- a) Зеараленон
- b) Охратоксин А
- c) Дезоксиніваленон

60. Яка технологія найбільш ефективна для виявлення афлатоксинів у зерні?

- a) Імуноферментний аналіз
- b) Молекулярно-генетичний метод
- c) Візуальна перевірка зерна на наявність плісняви

61. Який адсорбент мікотоксинів специфічно діє в тонкому кишечнику?

- a) Міко Карб
- b) Молд Карб

c) Мікосорб

62.Що характеризує токсичний синергізм мікотоксинів?

- a) Нерівномірний розподіл токсинів у зерні
- b) Посилення негативного впливу при комбінації кількох токсинів
- c) Зниження токсичності через змішування кількох видів зерна

63.Чому термічна обробка неефективна для знищення мікотоксинів?

- a) Мікотоксини перетворюються у нові токсичні сполуки
- b) Токсини стійкі до температури вище 200 °С
- c) Температура знищує лише зовнішні гриби, а не токсини

64.Який продукт найчастіше уражується дезоксиніваленолом?

- a) Арахіс
- b) Пшениця
- c) Борошно

65.Що означає поняття "харчова безпека"?

- a) Відсутність ГМО у продуктах.
- b) Стан, за якого продукти не завдають шкоди здоров'ю людини при споживанні.
- c) Відсутність пестицидів у продукції.

66.Яка група речовин належить до хімічних забруднень зернових культур?

- a) Пестициди та важкі метали.
- b) Радіонукліди.
- c) Пліснява та мікотоксини.

67.Які токсичні речовини можуть утворюватися під час тривалого зберігання зерна?

- a) Радіонукліди.
- b) Продукти реакції Майяра.
- c) Патогенні бактерії.

68.Що є прикладом біологічного забруднення зернових продуктів?

- a) Мікотоксини, які продукуються пліснявими грибами.

- b) Свинець та кадмій.
- c) Механічні частинки.

69. Який показник використовується для оцінки гострої токсичності речовини?

- a) T0.5
- b) LD50
- c) Кумулятивний ефект.

70. Що може спричинити горизонтальний перенос генів з генномодифікованих культур?

- a) Покращення врожайності.
- b) Поява супербур'янів або зміни мікробіому ґрунту.
- c) Посилення стійкості до гербіцидів.

71. Яка властивість бактеріальних генів Bt використовується в ГМО?

- a) Стійкість до грибків.
- b) Здатність продукувати білки, токсичні для комах-шкідників.
- c) Поліпшення смаку продукції.

72. Чому використання пестицидів у сільському господарстві є небезпечним?

- a) Вони збільшують урожайність.
- b) Можуть накопичуватися в продуктах і викликати отруєння.
- c) Знижують ефективність добрив.

73. Який ризик несе використання ГМО-продуктів для здоров'я людини?

- a) Посилення стійкості культур до шкідників.
- b) Потенційна алергенність або резистентність до антибіотиків.
- c) Підвищення харчової цінності продуктів.

74. Що є основним екологічним ризиком використання гербіцидостійких ГМО-культур?

- a) Зменшення витрат на обробку полів.
- b) Поява супербур'янів, стійких до гербіцидів.
- c) Покращення стану ґрунтів.

75. Як можна знизити забруднення зернових продуктів мікотоксинами?

- a) Використовувати ГМО-культури.
- b) Дотримуватися умов правильного зберігання.
- c) Додати синтетичні консерванти.

76. Який досвід використання ГМО-культур характерний для США?

- a) Широке впровадження Bt-культур для зменшення витрат на пестициди.
- b) Повна заборона на використання ГМО.
- c) Використання тільки в наукових дослідженнях.

77. Яке джерело радіоактивності є основним природним джерелом?

- a) Аварії на атомних електростанціях
- b) Космічне випромінювання
- c) Ядерні випробування

78. Який ізотоп утворюється під впливом космічного випромінювання?

- a) Цезій-137
- b) Калій-40
- c) Вуглець-14

79. Що є основним джерелом радіоактивного забруднення зернових культур?

- a) Природні радіоактивні елементи
- b) Антропогенні фактори
- c) Високий вміст калію-40 в ґрунті

80. Які радіонукліди потрапляють у навколишнє середовище після аварії на Чорнобильській АЕС?

- a) Цезій-137 та стронцій-90
- b) Вуглець-14 та тритій
- c) Плутоній-239 та стронцій-90

81. Які елементи є основними природними радіоактивними ізотопами земної кори?

- a) Калій-40, радон
- b) Уран-238, торій-232, радій-226

с) Цезій-137, стронцій-90

82. Яка температура сприяє більшому поглинанню радіонуклідів рослинами?

- a) Вища температура
- b) Низька температура
- с) Температура не впливає

83. Який тип ґрунту утримує більше радіонуклідів?

- a) Піщані ґрунти
- b) Глинисті ґрунти
- с) Чорнозем

84. Як вологість ґрунту впливає на переміщення радіонуклідів?

- a) Вища вологість зменшує переміщення
- b) Вища вологість сприяє переміщенню
- с) Вологість не впливає

85. Які радіонукліди можуть накопичуватися в зернових культурах?

- a) Калій-40, вуглець-14
- b) Цезій-137, стронцій-90
- с) Плутоній-239, тритій

86. Що зменшує концентрацію радіонуклідів у борошні?

- a) Механічне очищення зерна
- b) Висока температура при обробці
- с) Використання фосфатних добрив

87. Які методи допомагають зменшити перехід радіонуклідів у кінцевий продукт?

- a) Агротехнічні та технологічні прийоми
- b) Лише хімічні методи
- с) Лише механічні методи

88. Як застосування фосфатних добрив може вплинути на забруднення?

- a) Може збільшити забруднення природними радіонуклідами
- b) Не має жодного впливу на забруднення

с) Знижує концентрацію радіонуклідів

89. Яка з перелічених культур є основною для виробництва хліба в Україні?

а) Кукурудза

б) Пшениця

с) Ячмінь

90. Яка основна зернова культура України використовується для виробництва пива?

а) Овес

б) Кукурудза

с) Ячмінь

91. Скільки мільйонів тонн пшениці виробляє Україна щороку?

а) 10 млн тонн

б) 26 млн тонн

с) 38 млн тонн

92. Який фактор є основним для високих урожаїв зерна в Україні?

а) Сучасні технології

б) Родючі чорноземи

с) Низькі витрати на паливо

93. Яка зернова культура України займає найбільшу площу посіву?

а) Пшениця

б) Ячмінь

с) Кукурудза

94. Яка агротехнологія допомагає зберегти вологу в ґрунті і зменшує ерозію?

а) No-Till

б) Ротація культур

с) Технологія точного землеробства

95. Яка країна є найбільшим виробником кукурудзи в світі?

а) Китай

- b) Україна
- c) США

96. Яка з цих культур є основною для забезпечення продовольчої безпеки в Азії?

- a) Пшениця
- b) Рис
- c) Кукурудза

97. Яка зернова культура є основною для виготовлення круп в Україні?

- a) Овес
- b) Пшениця
- c) Ячмінь

98. Що є основним екологічним підходом в агротехнологіях України?

- a) Використання сидератів
- b) Використання хімічних пестицидів
- c) Водні ресурси для зрошення

99. Які сорти пшениці активно впроваджуються в Україні для південних регіонів?

- a) Сорти, стійкі до грибкових хвороб
- b) Сорти, адаптовані до посухи
- c) Сорти, стійкі до холоду

100. Який регіон світу є основним експортером зернових культур?

- a) Африка
- b) Європа
- c) Азія

Навчальне видання

ГАВРИШ Тетяна Володимирівна
ПУЗІК Людмила Михайлівна
ШАНІНА Ольга Миколаївна
ФОМІНА Ірина Миколаївна
БОРОВІКОВА Наталія Олексіївна

**БЕЗПЕКА ПРОДУКЦІЇ ЗЕРНОПЕРЕРОБНИХ ВИРОБНИЦТВ ТА ЗЕРНОВИХ
РЕСУРСІВ**

Навчальний посібник

для студентів напряму підготовки 181 «Харчові технології» другого рівня вищої
освіти (магістр)

освітня програма «Технологія зернопродуктів та зернові ресурси»

Підписано до друку 07.03.25 . Формат 60x84x16.
Папір офсетний. Друк офсетний. Гарнітура Times New Roman.
Умовн.друк.аркушів – 8,8. Обл.-вид. аркушів – .
Тираж 20
Державний біотехнологічний університет,
вул. Алчевських, 44, м. Харків, 61002.