

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства та
природокористування
Навчально-науковий інститут агроекології та землеустрою
Кафедра агрохімії, ґрунтознавства та землеробства ім. С.Т.Вознюка

05-01-330М

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторних занять та практичних робіт із навчальної дисципліни «Промислові біотехнології» (частина 3. Сільськогосподарська біотехнологія) для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Біотехнології, біоробототехніка та біоенергетика» спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія» денної форми навчання

Рекомендовано науково-методичною радою
з якості ННІБА
Протокол №3 від 17 грудня 2024 р.

Рівне – 2024

Методичні вказівки до виконання лабораторних занять та практичних робіт із навчальної дисципліни «Промислові біотехнології» (частина 3. Сільськогосподарська біотехнологія) для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Біотехнології, біоробототехніка та біоенергетика» спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія» денної форми навчання. [Електронне видання] / Солодка Т. М., Майборода Х. А. – Рівне : НУВГП, 2024. – 101 с.

Укладачі: Солодка Т. М., к.с.-г.н., доцент кафедри агрохімії, ґрунтознавства та землеробства ім.С.Т.Вознюка; Майборода Х. А., асистент агрохімії, ґрунтознавства та землеробства ім. С. Т.Вознюка.

Відповідальний за випуск: Колесник Т. М., к.с.-г.н., доцент, завідувач кафедри агрохімії, ґрунтознавства та землеробства ім. С. Т. Вознюка

Керівник групи забезпечення спеціальності
162 «Біотехнології та біоінженерія»

Грицина О. О.

© Т. М. Солодка,
Х. А. Майборода, 2024
© НУВГП, 2024

ЗМІСТ

1. Загальні положення.....	4
2. Рекомендації до виконання лабораторних занять.....	5
3. Рекомендації до виконання практичних робіт.....	36
4. Рекомендована література.....	100

1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Промислові біотехнології є ключовою для розвитку зеленої економіки та сталого виробництва, що сприяє збереженню ресурсів планети. Це галузь науки і техніки, яка застосовує біологічні системи, живі організми або їх похідні для створення та вдосконалення продуктів і технологічних процесів у промислових масштабах. Вона охоплює широкий спектр напрямів, зокрема виробництво біопалива, харчових добавок, фармацевтичних препаратів, біополімерів та біодобрив.

Метою дисципліни «Промислові біотехнології» є формування теоретичних знань і практичних навичок для використання біологічних методів у промислових процесах. Це включає підготовку до роботи з сучасними біотехнологічними системами, спрямованими на підвищення ефективності виробництва, зменшення ресурсозатрат і захист навколишнього середовища.

Основними завданнями навчальної дисципліни є вивчення біологічних процесів і їхнього використання у промислових цілях; освоєння технологій, які дозволяють мінімізувати екологічний вплив за рахунок біологічних інновацій; вивчення біотехнологічних підходів для утилізації промислових відходів та очищення навколишнього середовища за допомогою біологічних агентів.

Об'єктами біотехнології є мікроорганізми (бактерії, гриби, дріжджі), які використовуються для біопереробки; біотехнологічні процеси (ферментація, синтез ензимів, біоконверсія сировини); продукти промислової біотехнології: біопаливо, харчові продукти, антибіотики, вітаміни, амінокислоти; технологічне обладнання, що використовується для біовиробництва.

2. РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ

Лабораторна робота №1 Біотехнологічна лабораторія: структура, обладнання, умови роботи

Мета роботи: ознайомити студентів з комплектацією та основними вимогами до біотехнологічних лабораторій.

Матеріали й обладнання: плакати, фотоматеріали, конспекти лекцій, лабораторний посуд та обладнання.

Культивування рослинних клітин, тканин і органів рослин вимагає дотримання умов стерильності. Біотехнологічна лабораторія має бути укомплектована спеціальними приміщеннями і обладнанням.

1. Кімната для миття посуду оснащена раковинами із кислотостійкого матеріалу, дистильатором, бідистильатором, мийними машинами, стелажми для сушіння посуду.

2. Кімната для приготування середовищ забезпечена технічними, аналітичними, торсійними вагами, рН-метром, електричними або газовими плити, бідистильатором, холодильними камерами, лабораторними столами, шафами для зберігання чистого посуду.

3. Приміщення для стерилізації поживних середовищ, інструментів, посуду, оснащене горизонтальними (ГК – 100) або вертикальними (ВК – 60) автоклавами, сушильною шафою з режимом роботи 160-180°C для стерилізації сухим жаром.

4. Операційна (асептична) кімната для ізолювання та пересадки тканин і рослин обладнана ламінар-боксами. Перед

початком операцій у ламінарному боксі необхідно його підготувати до роботи. Для цього його опромінюють ультрафіолетом протягом 30 хв. Подальшу роботу можна здійснювати не раніше ніж за 20–30 хв (період, необхідний для інактивації вільних радикалів, що утворюються за дії УФ променів). Надалі здійснюють обробку поверхонь ламінарну 70–96 % етиловим спиртом. Іноді достатньо продування боксу впродовж 30 хв стерильним повітрям і протирання спиртом.

5. Культуральна кімната з кондиційованим повітрям температурою 25- 26°C, відносною вологістю 70-80 %, 14-годинним фотоперіодом використовується для вирощування рослин-регенерантів, оснащена стелажми.

Правила техніки безпеки при роботі у біотехнологічній лабораторії

1. Лабораторні роботи необхідно виконувати у спецодязу (халаті), захищаючи одяг та шкіру від попадання роз'їдаючих реактивів та обсіменіння мікроорганізмами.

2. Кожний студент повинен працювати на закріпленому за ним робочому місці.

3. Робоче місце слід підтримувати у чистоті.

4. Забороняється виконувати лабораторні роботи без присутності викладача або лаборанта.

5. До виконання кожної роботи студенти можуть приступити тільки після отримання інструктажу з техніки безпеки та дозволу викладача.

6. Приступаючи до роботи, необхідно ознайомитися з методами та етапами проведення роботи, правилами її безпечного виконання.

7. Дослід необхідно проводити в точній відповідності з його описом у методичних рекомендаціях, особливо дотримуватися черги додавання реактивів.

8. Для виконання досліду користуватися тільки чистим, сухим, за потреби – стерильним лабораторним посудом; для відмірювання кожного реактиву потрібно мати мірний посуд (піпетку, бюретку, мензурку, мірний циліндр або мірний стакан); не слід виливати надлишок налитого у пробірку реактиву назад у склянку, щоб не забруднити реактив.

9. Якщо у ході проведення експерименту потрібне нагрівання реакційної суміші, то треба дотримуватися передбаченого способу нагрівання: на водяній бані, на електроплитці та ін.

10. Пролиті на підлогу та стіл хімічні речовини знешкоджувати і прибирати під керівництвом лаборанта (викладача) відповідно до правил.

11. Виконувати роботу необхідно акуратно, сумлінно, уважно, ощадливо, бути спостережливим.

12. Після закінчення роботи слід привести в порядок своє робоче місце: помити посуд, протерти поверхню стола, закрити водопровідні крани, виключити електричні прилади.

Правила техніки безпеки при роботі з біоб`єктами

1. У лабораторії забороняється приймати їжу, пити воду.
2. Роботу з біологічним матеріалом проводити тільки за допомогою спеціальних інструментів: петлі, шпателя і т.д..

3. При випадковому потраплянні біологічного матеріалу (особливо мікроорганізмів) на стіл, руки, потрібно провести обробку дезинфекційним розчином (наприклад, хлораміном).

4. Після роботи необхідно ретельно вимити руки з використанням дезінфекційних засобів (детергентів).

5. Роботу з мікроорганізмами проводити, дотримуючись правил та умов стерильності.

По закінченні роботи необхідно прибрати робоче місце. На ньому не можна залишати брудний посуд, інструменти та матеріали. Якщо матеріали забруднені інфекційними агентами, то їх знезаражують розчином хлораміну. Треба також ретельно вимити руки і при необхідності обробити їх дезінфікуючим розчином. У лабораторіях біотехнологічного та мікробіологічного профілю дезінфекційні заходи використовуються дуже широко. Закінчуючи роботу з зараженим матеріалом, проводять профілактичну дезінфекцію рук і робочого місця. Забруднені патогенним матеріалом або культурою мікробів градуйовані та пастерівські піпетки, скляні шпателі та металеві інструменти відразу після їх використання опускають у скляні банки з дезінфікуючим розчином, які знаходяться на столі біля кожного робочого місця. Обов'язковій дезінфекції підлягають також використані робочі предметні та покривні скельця, бо навіть у фіксованому та забарвленому мазку іноді зберігаються життєздатні мікроорганізми, які можуть стати джерелом внутрішньо-лабораторного зараження. Не обробляється дезінфікуючими засобами тільки той посуд, у якому вирощувалися мікроорганізми. Його складають у металеві бачки або бікси, пломбують і здають у стерилізацію.

Лабораторний посуд

Всі роботи у лабораторіях здійснюються з використанням різного хімічного посуду або приладів. Набір посуду (скляного, фарфорового або з пластмас) залежить від характеру роботи, що проводиться. Скляний хімічний посуд розділяється на три основних групи:

- посуд загального призначення;
- посуд спеціального призначення;
- мірний посуд.

До посуду загального призначення відносяться: пробірки, хімічні лійки, хімічні стакани, плоскодонні (круглі) колби, конічні колби (Ерленмейера), крапельниці, скляні холодильники.

Посуд спеціального призначення застосовується в особливих дослідних роботах, органічних та неорганічних синтезах. До нього відносяться, наприклад, чашка Петрі, качалочна колба, імунологічні планшети, фарфорова ступка з товкачиком та ін.

Мірний посуд застосовується для відмірювання об'ємів рідин: мірні циліндри, піпетки, бюретки, мірні колби та стакани.

Миття посуду

Необхідною умовою успішного культивування тканин є чисто вимитий стерильний посуд. Найпоширеніший і надійний метод підготовки скляного посуду, особливого нового – це замочування його на 4–6 год у хромовій суміші – розчині двоохромовоокислого калію в концентрованій сірчаній кислоті. Після чого посуд багаторазово промивають протічною та дистильованою водою. Новий посуд

рекомендується автоклаувати при тиску 1,5–2 атм 20–30 хвилин.

Брудний посуд миють детергентом, потім ретельно промивають протічною водою та ополіскують дистиллятом. Чистий посуд зберігають у зачинених шафах, не допускаючи потрапляння слідів хімічних речовин.

Методи стерилізації:

1) стерилізація сухим жаром: культуральний посуд (колби, пробірки, чашки Петрі тощо) перед наповненням поживним середовищем попередньо стерилізують сухим жаром у

сушильній шафі. Тривалість стерилізації: при 150 °С – 2,5 год, при 160 °С – 2 год, при 170 °С – 1 год. Треба пам'ятати, що загальна тривалість стерилізації складається з часового інтервалу, необхідного для нагрівання завантажених ємностей, та періоду власне стерилізації.

2) стерилізація сухим паром: автоклаування при 2 атм (133 оС) 30 – 40 хв у залежності від заповнення автоклаву. Таким методом стерилізують посуд, загорнутий у папір або закритий ватними тампонами. Камеру автоклаву заповнюють не більше як на 2/3 об'єму. При автоклауванні піпеток їх верхню частину закривають ватним тампоном, після чого кожен окремо загортають у папір. Піпетки зручно стерилізувати в скляних пеналах, на дно яких, для запобігання обламання носиків піпеток, треба помістити вату. Автоклауванням також стерилізують вату, пробки, папір, фольгу.

3) стерилізація полум'ям: даний метод найчастіше використовують для стерилізації інструментів. Їх попередньо стерилізують сухим жаром у сушильній шафі. В боксі,

безпосередньо перед роботою, інструменти занурюють у фарфоровий стакан з 96 % спиртом і стерилізують обпалюванням чи прожарюванням у полум'ї спиртівки.

Стерильний інструмент використовують тільки для одноразових маніпуляцій. Перед повторним використанням його треба знову простерилізувати спиртом й обпалити.

4) стерилізацію середовищ можна здійснюють двома методами: автоклавуванням або пропусканням через бактеріальний фільтр. Бактеріальні фільтри існують різних діаметрів і бувають одноразового (стерильні) та багаторазового використання.

Питання для самоконтролю:

1. Якими спеціальними приміщеннями має бути укомплектована біотехнологічна лабораторія?
2. Яким обладнанням має бути укомплектована кімната для миття посуду?
3. Яким обладнанням має бути укомплектована кімната для приготування середовищ?
4. Яким обладнанням має бути укомплектоване приміщення для стерилізації поживних середовищ?
5. Яке призначення ламінар – боксу?
6. Назвіть види лабораторного посуду.
7. Який посуд відноситься до загального, а який має спеціальне призначення?
8. Які правила роботи з мікроорганізмами?

Лабораторна робота №2 Приготування маточних розчинів для середовища Мурасіге – Скуга

Мета роботи: освоїти техніку приготування маточних розчинів макро- і мікросолей, Fe – хелату.

Матеріали і обладнання: макро – і мікросолі, що входять до складу по- живного середовища МС, ваги, магнітний змішувач, плитка, шпателі, хімі- чний стакан – 400 мл, 100 мл, мірний циліндр – 500 мл, 100 мл, пляшка з темного скла – 1 л, 100 мл.

1. Для зручності приготування поживних середовищ готують маточні розчини макро- та мікроелементів зважуючи і розчиняючи окремо кожен наважку в новій порції бідистильованої води.

2. Розчин фітогормонів готують таким чином:

* ауксини: 2,4-Д, ІОК, ІМК, НОК– розчиняють 100 мг речовини в 0,5- 2 мл етанолу, підігривають, додають води до 100 мл (концентрація 1мг/мл);

*цитокініни: Кін, Зеа, БАП – розчиняють 100 мг речовини в 2 мл 1н НСІ, підігривають, доводять водою до 100 мл;

* гібереліни: ГК₃ – розчиняють у воді;

* абсцизини: АБК – розчиняють в 3 мл 70 % етанолу, доводять водою до потрібного об'єму.

Таблиця 1

Склад основних поживних середовищ, мг/л

Компоненти	Мурасіге - Скуга (МС)	пусне середовище № 1	пусне середовище № 2
NH ₄ NO ₃	1650	1650	1650
KNO ₃	1900	1900	1900

CaCl ₂ ·2H ₂ O	440	440	440
MgSO ₄ ·7H ₂ O	370	370	370
KH ₂ PO ₄	170	170	170
H ₃ BO ₃	6	6	6
MnSO ₄ ·4H ₂ O	22,3	22,3	22,3
CuSO ₄ ·5H ₂ O	0,025	0,025	0,025
ZnSO ₄ ·7H ₂ O	8,6	8,6	8,6
Na ₂ MoO ₄ ·2H ₂ O	0,25	0,25	0,25
KI	0,83	0,83	0,83
CoCl ₂ · 6H ₂ O	0,025	0,025	0,025
FeSO ₄ · 7H ₂ O	27,8	27,8	27,8
Na ₂ EDTO· 2H ₂ O	37,3	37,3	37,3
Мезоінозит	100	100	100
B ₁	0,1	0,1	0,1
B ₆	0,5	0,5	0,5
PP	0,5	0,5	0,5
НОК	-	-	2
2,4 – Д	-	3	2
Кінетин	-	1	1
Сахароза	30000	25000	25000
Агар	0,7 %	0,7 %	0,7 %
pH	5,6 – 5,8		

3. Розчини вітамінів: тіамін HCl (B₁), піродиксин (B₆), нікотинуву кис- лоту (PP), аскорбінову кислоту (C), фолієву кислоту (B₉), біотин (H), пара- амінбензойну кислоту, Са – пантотенат, ціанкобаламін (B₁₂), рибофлавін (B₂) – розчиняють в воді (концентрація 1мг/мл, або 0,1 мг/мл).

Маточні розчини зберігають в холодильній камері при температурі +4°C. Розчини вітамінів заморожують в невеликих кількостях (3 – 5 мл).

Хід роботи

1. Приготувати маточні розчини макро – і мікросолей. Макро МС – 1 л розчину солей; по 100 мл розчину солей в 1 л поживного середовища: NH_4NO_3 – 16,5 г; KNO_3 – 19,0 г; CaCl_2 – 3,3 г; $\text{MgSO}_4 \times 7 \text{H}_2\text{O}$ – 4,2 г; KH_2PO_4 – 1,7 г.

Мікро МС – 100 мл розчину солей; по 1 мл розчину солей в 1 л поживного середовища: H_3BO_3 – 620 мг; $\text{MnSO}_4 \times 4\text{H}_2\text{O}$ – 2,33 г; $\text{ZnSO}_4 \times 4\text{H}_2\text{O}$ – 860 мг; KI – 83 мг, розчиняти окремо; $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$ – 25 мг, розчиняти окремо; $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$ – 2,5 мг; $\text{CoCl}_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$ – 2,5 мг.

2. Приготувати розчин Fe – хелату: на 100 мл розчину беруть

$\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ – 557 мг; $\text{Na}_2\text{EDTA} \times 2\text{H}_2\text{O}$ – 745 мг. У бідистиляті, злити і довести до кипіння. Наважки розчинити окремо у бідистиляті, злити і довести до кипіння.

3. Приготувати розчини фітогормонів: 2,4 – Д і кінетин, концентрація 1 мг/мл.

4. Приготувати розчини вітамінів B_1 , B_6 і РР, концентрація 1 мг/мл.

Питання для самоконтролю:

1. Які фітогормони входять до складу поживних середовищ?
2. Які макросолі входять до складу поживних середовищ?
3. Які мікросолі входять до складу поживних середовищ?
4. Що таке «маточні розчини» для поживних середовищ?
5. Які особливості приготування розчину солей в хелатній формі

Лабораторна робота №3. Приготування середовища Мурасіге – Скуга.

Мета роботи: освоїти техніку приготування поживного середовища МС

Матеріали і обладнання: маточні розчини макро – і мікросолей, Fe – хелату і вітамінів, мезоінозит, сахароза, агар, 1н НСІ і 1н КОН, ваги, шпателі, магнітний змішувач, рН – метр, мірні циліндри – 500 мл, 100 мл, мірні піпетки – 5 мл, 1 мл, ватні пробки, хімічні пляшки на 250 мл.

1930-х і 1940-х роках садівник Тосіо Мурасіге та Фолке Скуг успішно створили поживне середовище для культури рослинної тканини, відоме як середовище Мурасіге та Скуга.

Це живильне середовище, що використовується в лабораторіях для вирощування рослинної культури клітин або цілих рослин.

Хід роботи

Для приготування 1 л середовища МС необхідно взяти наступні кількості маточних розчинів: макро МС – 100 мл; мікро МС – 1 мл; Fe – хелат – 5 мл; В 1 – 1 мг; В 6 – 1 мг; РР – 0,5 мг; мезоінозит – 100 мг; сахароза – 30 г (3 %); агар – 7 г.

1. Колбу об'ємом 1 л помістити на магнітний змішувач, налити 250 – 300 мл бідистиляту і додати необхідну кількість макро- і мікросолей, Fe – хелат, вітамінів і фітогормонів.

2. Зважити потрібну кількість сахарози і органічних добавок. Кожну наважку розчиняти у окремій порції бідистильованої води.

3. Довести рН до 5,6 – 5,8 за допомогою 1н КОН або 1н НСІ.

4. Наважку агару помістити в термостійкій стакан і залити холодною бідистильованою водою (300 – 400 мл), залишити на 20 хв для набухання і нагріти, постійно помішуючи до повного розчинення агару.

При приготуванні рідкого середовища агар не додається.

5. Додати розчинений агар до розчину 1 і довести до потрібного об'єму бідистильованою водою. Розчин і воду підігріти.

6. Розлити тепле середовище у колби або пробірки і закрити ватними пробками або фольгою.

7. Простерилізувати середовище в автоклаві при тиску 0,8 – 1 атм ($t_0 = 115 - 120$ °С) 20 – 25 хв.

Питання для самоконтролю:

1. Як проводиться стерилізація поживного середовища?
2. Який рівень кислотності має бути у поживному середовищі?
3. Яка методика приготування агар – агару для поживного середовища?
4. В який послідовності додаються маточні розчини при приготуванні поживного середовища?

Лабораторна робота №4 Мікроклональне розмноження рослин. Приготування поживних середовищ

Мета роботи: освоїти техніку мікроклонального розмноження рослин

Матеріали і обладнання: середовище Мурасіге-Скуга, рослини, хімічні стакани на 200 мл, колби на 500 мл, мірний циліндр – 500 мл, кропива, чорнобривці, мірна піпетка – 1 мл, вода – 1л.

Вирощування рослин в культурі *in vitro* – це сучасний метод вегетативного розмноження рослин, який дозволяє отримати генетично однорідний, очищений від вірусів посадковий матеріал для закладання промислових плантацій ягідників, садів, насаджень енергетичних культур, масового тиражування декоративних та екзотичних рослин.

В основі методу мікроклонування лежить унікальна властивість рослинної соматичної клітини – тотипотентність, тобто здатність цих клітин реалізовувати потенціал цілої рослини.

Мікроклональне розмноження рослин надає такі можливості:

- ✓ Прискорити селекційний процес, завдяки чому у 5-6 разів скорочуються строки отримання товарної продукції;
- ✓ Отримувати посадковий матеріал, ідентичний вихідному, із збереженням усіх властивостей сорту, очищений від вірусних та бактеріальних інфекцій;

- ✓ Забезпечити рослинам активний ріст протягом всього року та захист від несприятливих абіотичних та біотичних факторів;
- ✓ Забезпечити тривале зберігання рослин в умовах *in vitro*, створювати банки для зберігання цінних видів рослин та їх органів;
- ✓ Використовувати культивування рослинних тканин для отримання вторинних метаболітів (антибіотики, ферменти тощо).

Хід роботи

Основні етапи мікроклонального розмноження рослин:

1. Відбір рослини-донора. Рослини-донори повинні бути протестовані на наявність вірусних та бактеріальних інфекцій за допомогою ПЛР-діагностики, імуноферментного аналізу або молекулярної гібридизації. Рослинам, які за результатом тестування не містять патогенів, присвоюється категорія «безвірусних» базисних клонів. У випадку виявлення інфекції рослини піддають оздоровленню.

Іноді для активного виявлення бактеріальної мікрофлори середовища збагачують органічними добавками, які провокують ріст патогенних мікроорганізмів. Через 10 днів проводять візуальну діагностику, «чисті» експланти переносять на поживне середовище для подальшого культивування.

2. Стерилізація та введення експланта в культуру *in vitro*. Усі роботи по уведенню рослин у культуру *in vitro* проводяться у ламінарному боксі, де забезпечуються стерильні умови. Подальше зберігання рослинних експлантів

відбувається у культуральних кімнатах за повністю контрольованих умов: температура, вологість, інтенсивність освітлення, тривалість фотоперіоду.

3. Мікророзмноження. Для кожної культури та сорту готується селективне поживне середовище. Використовуємо середовище Мурасіге-Скуга, розчин з чорнобривців та кропиви.

Приготування розчину з чорнобривців. Завдяки високому вмісту мікроелементів є хорошим добривом та перешкоджає розвитку патогенної групи мікроорганізмів. Для приготування 500 мл середовища необхідно взяти наступні кількості речовин: в хімічний стакан помістити воду ($t = 100^{\circ}\text{C}$), чорнобривці (квіти), 5 мл спирту.

Приготування розчину з кропиви. Кропива, одна з небагатьох культур, що містить мікро- та макроелементи (магній, калій, залізо азот мідь, сірка та ін.). У хімічний стакан поміщають кропиву та заливаємо водою ($t = 100^{\circ}\text{C}$); накриваємо кришкою; залишають ємність у тепломі місці на 10-14 днів.

4. Укорінення пагонів. Для формування коренів пагони розділяють і висаджують на живильне середовище для ризогенезу. Через 15–25 діб після висадки рослин на середовище для ризогенезу формується добре розвинена коренева система і рослинний матеріал готовий для адаптації та перенесення в природні умови вирощування.

5. Адаптація рослин до ґрунтових умов. Спочатку у мікропарниках шляхом висадки на спеціальний субстрат, потім в умовах теплиці.

Питання для самоконтролю:

1. Що означає вирощування рослин в культурі *in vitro*?
2. Які можливості надає мікроклональне розмноження?
3. Які основні етапи мікроклонального розмноження?
4. Як приготувати розчин з чорнобривців та кропиви?

Лабораторна робота №5 Основні складові гідропонних розчинів. Підготовка розчинів для живлення рослин.

Мета роботи: Ознайомитися з основними показниками гідропонних розчинів (електропровідністю та кислотністю) та формами засвоєння рослинами різних елементів, навчитися готувати поживні розчини.

Матеріали і обладнання: таблиці та рисунки, ЕС і рН – метри, Калійна селітра (KNO_3), Сульфат магнію (MgSO_4), Монокальцій фосфат ($\text{CaH}_4\text{P}_2\text{O}_8$), Кальцієва селітра ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$), Сульфат заліза (FeSO_4), Тетраборат натрію ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$), Сульфат марганцю (MnSO_4), Сульфат цинку (ZnSO_4), Сульфат міді (CuSO_4), мірний стакан 1 л.

Важливими характеристиками поживного розчину є 2 показники – електропровідність (ЕС – перші 2 літери слів – Electrical conductivity – англ.) і кислотність – рН.

ЕС– показник загальної концентрації солей не лише у розчині, а й у воді, оскільки зворотно пропорційна опору, який чинить розчин при проходженні електричного струму. Одиниця виміру ЕС – Сіменс: $1 \text{ Sm} = 1/\text{Om}$.

Раніше для вимірювання ЕС використовували прилади – кондуктометри (від англ. to conduct–вимірювати). Нині

використовують комбіновані прилади (рис. 1), які одночасно показують обидва показники розчину – ЕС і рН.



Рис. 1. Комбінований ЕС і рН-метр

Кислотність (рН) розчину – це водневий показник, який показує міру активності іонів водню в розчині, що виражається негативним десятковим логарифмом: $pH = - \lg [H^+]$ Квадратні дужки позначають рівноважну концентрацію. Якщо, наприклад, $pH=7$, в розчині 10^{-7} іонів H^+ . Одна з проблем гідропонних розчинів у тому, що для засвоєння потрібних рослині елементів оптимальні значення рН для окремих елементів різні (рис. 2).

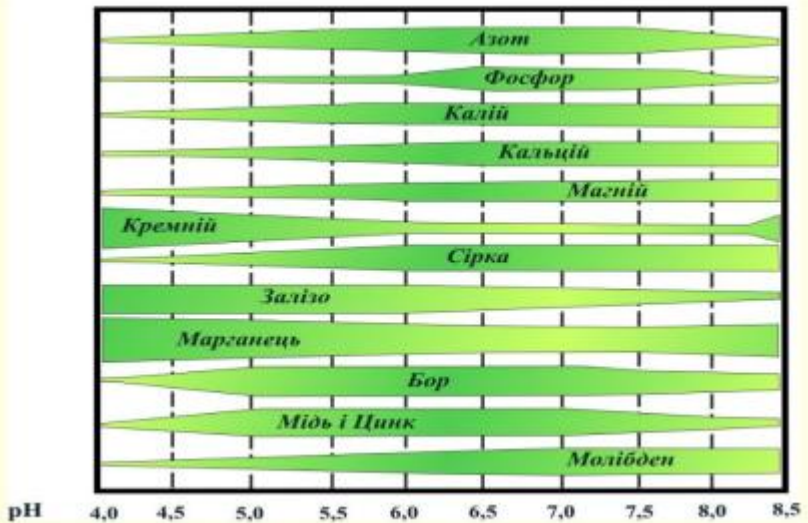


Рис.2. Оптимальні значення pH для засвоєння рослинами елементів живлення

Наприклад, якщо азот, фосфор, калій засвоюються в діапазоні 6–7, то залізо буде при таких значеннях недоступне для рослин (випадає в осад). Якщо ж змістити pH в кисле середовище – 5–5,5, недоступним рослинам стають, навпаки – азот, фосфор, калій, сірка. На різних етапах розвитку гідропоніки дослідники намагалися вирішити цю проблему. Сьогодні живильний розчин подають підкисленим – pH=5,5, оскільки речовина для склеювання мінвати – ФФС (фенолформальдегідна смола) при контакті з водою дає лужну реакцію, і для її нейтралізації, розчин злегка підкислюють. Але, при культурі на інших субстратах, значення pH може бути і вищим.

В даний час 17 елементів вважаються необхідними для більшості рослин - це вуглець, водень, кисень, азот, фосфор, калій, кальцій, магній, сірка, залізо, мідь, цинк, марганець, молібден, бор, хлор і нікель. Інші елементи, такі як натрій, кремній, ванадій, селен, кобальт, алюміній та йод можуть стимулювати ріст або можуть компенсувати токсичну дію інших елементів. Проте, самими основними в поживному розчині вважаються тільки азот, фосфор, калій, кальцій, магній і сірка і вони доповнені мікроелементами.

Нині усі гідропонні розчини складаються із 14 елементів живлення, з яких 6 є макро- (азот, фосфор, калій, кальцій, магній і сірка), а 8 – мікроелементами (3 метали – залізо, мідь, цинк і 5 інших елементів – бор, кобальт, селен, молібден, марганець). Засвоєння елемента живлення рослиною залежить не лише від кислотності розчину, а й від форми, в якій він знаходиться.

Поглинання поживних речовин рослинами може відбуватися лише тоді, коли вони присутні в доступній для поглинання формі, і в більшості випадків вони поглинаються в іонній формі. Іони є електрично зарядженими формами кожної поживної речовини, деякі є катіонами (позитивно зарядженими), а інші є аніонами (негативно зарядженими). Наприклад, азот поглинається у вигляді амонію (NH_4^+ , катіон) або нітрату (NO_3^- , аніон).

Макроелементи засвоюються в таких формах:

Азот – в нітратній (NO_3^-) або аміачній (NH_4^+). Наприклад, в нітратній відомі такі форми добрив, як KNO_3 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$. В аміачній – аміак, NH_4Cl (хлорид амонію), $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (сульфат амонію). Небезпечною є аміачна селітра, в якій обидві форми зустрічаються разом. Більш «конкурентоспроможною» є

аміачна форма, які засвоюється рослиною відразу, нітратна ж може відкладатися у різних органах рослини, набуваючи проблеми нітратів. Кількість аміачної селітри в гідропонних розчинах слід контролювати, не можна перевищувати допустимі норми. Азот відповідає за вегетацію рослин.

Фосфор засвоюється у вигляді H_2PO_4 - . Через це доводиться випускати усі добрива у такій формі. Крім комплексних добрив, його випускають у вигляді монокалій фосфату (KH_2PO_4) та суперфосфату простого чи подвійного. Обидва погано розчиняються у воді (хоча подвійний дещо краще), а комплексні добрива утворюють допустимий стандартами осад, який може забити водовипуски крапельниць. Фосфор найбільш гостро необхідний в період бутонізації та для формування і укріплення зав'язі. У пошуках виходу з цього, сьогодні пропонують нові добрива, де фосфор знаходиться у виді поліфосфатів.

Поліфосфати – це лінійні полімери ортофосфорної кислоти, в яких фосфорні залишки пов'язані між собою фосфоангідридними зв'язками. Термін «полі» означає, що молекулярна структура речовини містить більше одного атома фосфору. Сполуки, що мають тільки один атом фосфору, називають ортофосфатами. При видаленні молекул води шляхом нагрівання отримують молекулу, що містить два атоми P – пірофосфат.

Калій засвоюється у виді K^+ . Це такі відомі форми добрив, як калійна селітра – KNO_3 , монокалій фосфат - KH_2PO_4 , хлорид калію – KCl , сульфат калію - K_2SO_4 . Калій використовується в якості будівельного матеріалу для клітинних стінок і стимулює ріст кореневої системи, також слід враховувати, що при недоліку калію сповільнюється дозрівання плодів.

Мікроелементи потрібні рослинам в набагато меншій кількості ніж макроелементи. Незважаючи на це, будучи активаторами багатьох ферментних систем, грають колосальну роль в житті рослин.

Магній засвоюється у формі Mg^{2+} . Наприклад, відоме добриво сульфат магнію - $MgSO_4$.

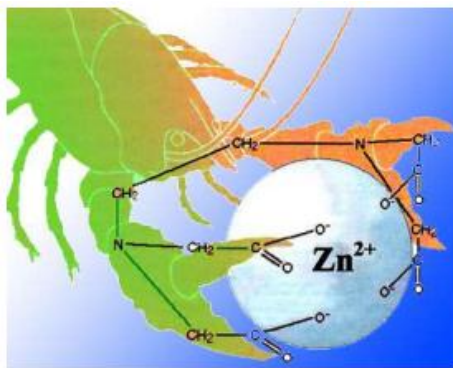
Крім того, що впливає на активізацію багатьох ферментів, він ще входить до складу хлорофілу. При нестачі магнію погано розвивається коріння, рослини сильно виснажуються.

Кальцій засвоюється у формі Ca^{2+} . Наприклад, кальцієва селітра – $Ca(NO_3)_2$, хлорид кальцію - $CaCl_2$.

Сірка засвоюється у вигляді сульфатів – SO_4^{2-} .

Як бачимо 3 з мікроелементів засвоюються рослинами у формі катіонів (K, Ca, Mg) , 2 у формі аніонів (SO_4 H_2PO_4). Азот засвоюється у двох формах.

Наразі відома більш ефективна сполука, яка має ряд переваг над сульфатами – хелати. Вони краще розчиняються, стабільні в широкому діапазоні кислотності, практично не токсичні для рослин і людини. Термін «халат» в перекладі з грецької означає «клевешня». Назва обумовлена стереометрією молекули, яка нагадує клевшню:



Залізо (Fe) грає важливу роль в процесах дихання рослин. Синтез (вироблення) хлорофілу, також неможливий без цього мікроелемента.

Мідь (Cu) впливає на білковий і вуглеводний обмінні процеси. При нестачі цього елемента сповільнюється ріст рослини через порушення розвитку кореневої системи.

Цинк (Zn) бере участь в синтезі білків і необхідний для ділення клітин, входить до складу хлоропластів.

Марганець (Mn) дуже важлива складова процесу фотосинтезу. Впливає на вуглеводний, жировий і білковий обмін у рослин. При дефіциті спостерігається, здебільшого, на молодому прирості. На листках утворюються жовті плями між жилками.

Кобальт (Co) відповідає за активацію багатьох ферментів. Головна функція кобальту - фіксація атмосферного азоту.

Молібден (Mo) дуже суттєвий елемент в процесах азотного обміну рослин. Його потрібно зовсім небагато, але він дуже потрібен для клітинного дихання, особливо - на ранніх етапах розвитку.

Бор (B) дуже необхідний мікроелемент, особливо для плодово-овочевих та ягідних культур. За рахунок порушення провідної системи в рослинах, при його нестачі, наслідки вельми масштабні. За рахунок порушення провідності рідин, продукти необхідні для життєдіяльності рослини не можуть опинитися в потрібних частинах рослини. Продукти, які утворилися в процесі протікання фотосинтезу лишаються в листі, що порушує баланс всіх процесів у рослині. В результаті, погано розвивається і коренева система, і листя, і бутони, і відмирають молоді частини рослини, псується врожай.

Нерозчинний осад або баласт – головна проблема сучасних добрив, адже від нього забиваються водовипуски крапельниць. Через це в гідропоніці намагаються застосовувати 2-х компонентні форми. Наприклад, кальцієва селітра – $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ містить відразу 2 потрібних елементи – і кальцій, і азот. А

така форма, як хлорид кальцію – CaCl_2 – один (1-компонентне добриво).

Зрозуміло, сьогодні такі однокомпонентні добрива на гідропоніці намагаються не використовувати, як і прості (що містять до 30% діючої речовини).

Ідеальним варіантом є також рідкі комплексні добрива, висококонтентровані, багатоконцентровані. Одним з таких є Flora Growing (рис.3.)



Рис.3. Hydroponics Kit добрива для гідропоніки та ґрунту

Grow – стимулює структурний і вегетативний ріст, зміцнює коріння. Забезпечує рослину азотом, фосфором, калієм і вторинними мінералами.

Bloom – сприяє ліпшому формуванню кореневої системи та позитивно впливає на загальний розвиток рослини. Під час цвітіння та плодоношення препарат дозволяє рослині розкрити на максимум свій генетичний потенціал.

Micro – забезпечує рослину всіма необхідними мікроелементами у формі хелатів. Компонент також містить субмікроелементи (вторинні поживні речовини) та речовини для створення буфера, який стабілізує* рівень рН у розчині.

Хід роботи

Функція поживного розчину для гідропоніки полягає в забезпеченні коренів рослин водою, киснем і основними мінеральними елементами в розчинній формі. Живильний розчин зазвичай містить неорганічні іони з розчинних солей основних елементів, необхідних рослині.

Для вірного приготування живильного розчину, необхідно знати точний обсяг резервуару в якому буде готуватися майбутній розчин. Ми використовуємо мірний стакан 1 л . Наступним кроком буде наповнення нашої ємності деякою кількістю води. Найкраще заповнити ємність приблизно на 2/3 від необхідної кількості майбутнього розчину. Тепер необхідно кількісно внести добрива в приготовлену ємність з водою. Для цього ми множимо табличні значення на кількість води в літрах і вносимо ці кількості в нашу ємність.

1. Живильний розчин для гідропоніки за Герріке

(г/л)

Склад розчину	Кількість речовини
---------------	--------------------

Калійна селітра (KNO_3)	5,5
Сульфат магнію ($MgSO_4$)	1,4
Монокальцій фосфат ($CaH_4P_2O_8$)	1,4
Кальцієва селітра ($Ca(NO_3)_2$)	1
Сульфат заліза ($FeSO_4$)	0,2
Тетраборат натрію ($Na_2B_4O_7$)	0,02
Сульфат марганцю ($MnSO_4$)	0,02
Сульфат цинку ($ZnSO_4$)	0,01
Сульфат міді ($CuSO_4$)	0,01

2. Живильний розчин за Кнопом (на 1л):

Кальцієва селітра $Ca(NO_3)_2$	1 г
фосфат калія KH_2PO_4	0,25 г
сульфат магнію $MgSO_4$	0,25 г
хлорид калія (калійна сіль) KCl	0,125 г
хлорид заліза $FeCl_3$	0,0125 г

3. Для приготування наступного поживного розчину необхідні рідкі добрива Hydroponics Kit для систем гідропоніки. Добрива вносимо послідовно, промиваючи після кожного внесення інструмент водою. Не потрібно набирати всі три компонента добрива Hydroponics Kit в один прилад (шприц, циліндр і т.д.), це викличе необоротне проходження хімічних реакцій між компонентами. Після змішування перевіряємо рівень рН. При необхідності, коригуємо його до оптимального значення (для більшості рослин 5.5 - 6.5)

Таблиця Hydroponics Kit для різних сортів салатів

	GROW	BLOOM	MICRO	EC	TDS
	мл/л	мл/л	мл/л	мСм/см	ppm
Проростання	0	0	0	до 0.5	до 250
Розсада / живці	0.4	0.4	0.4	0.6 – 1.2	300-600
Веgetативне зростання (прохолодні місяці)	1.5	1.5	3.0	1.8-2.2	900-1100
Веgetативне зростання (спекотні місяці)	1.2	1.2	2.4	1.6-1.8	800-900

Показник рН	5.5 – 6.0
Температура повітря	24 °С День 19 °С Ночь
Відносна вологість	50-70%

Питання для самоконтролю:

1. Що таке електропровідність та кислотність поживного розчину?
2. Чи однаковими є оптимальні значення показника рН для засвоєння рослинами різних елементів живлення із поживних розчинів?
3. Які елементи живлення входили до складу першого рецепту гідропонного розчину, розробленого Кнопом та Саксом?
4. Які елементи входять до складу сучасних гідропонних розчинів?
5. У яких формах рослини засвоюють макроелементи з поживних розчинів?
6. У якій формі в сучасних рецептах знаходиться переважна більшість мікроелементів?

Лабораторне робота № 6 Принципи дотримання стерильності. Обробка насіння. Стерилізація листків.

Мета: ознайомитися з принципами дотримання стерильності та обробкою насіння, підібрати оптимальні умови стерилізації листків картоплі, отримати стерильну калюсну культуру.

Матеріали та обладнання: Ламінар-бокс, стеблові та листові експланти, ємкості з поживним середовищем, скальпелі, пінцети, ножиці, препарувальні голки, спиртівка, флакон з 96% спиртом, харчова плівка, маркер, рослини картоплі, вирощені в теплиці, мильний розчин, стаканчики зі стерильною дистильованою водою, концентрований розчин “Білизни”, стаканчики для стерилізуючих розчинів, чашки Петрі зі стерильним фільтрувальним папером, стерильні чашки Петрі, спиртівка, парафілм.

Однією з умов успішного культивування ізолюваних органів, тканин, клітин і протопластів рослин є дотримання суворої стерильності, оскільки на штучних поживних середовищах добре розвиваються мікроорганізми, що представляє подвійну небезпеку. По-перше, в результаті життєдіяльності мікроорганізмів може істотно змінитися склад поживних середовищ, по-друге, ізолювані від рослини тканини, клітини і особливо протопластів легко пошкоджуються мікроорганізмами. Тому всі досліди проводять в стерильних умовах - ламінар-боксах. Стерилізації піддається ламінар-бокс, інструменти, посуд, поживні середовища, рослинний матеріал.

Хід роботи

Стерилізація ламінар-боксу.

Стерильність забезпечується за допомогою бактеріальних фільтрів, через які нагнітається повітря. За 20 хв до початку роботи внутрішній обсяг ламінар-боксу опромінують ультрафіолетовими лампами. Попередньо в ламінарії розміщують спиртову пальник, фарфоровий стакан з 96% - ним спиртом, колби або пробірки з живильним середовищем, які протирають 70% -ним спиртом. Через 20 хвилин вимикають УФ і включають біофільтри. Для роботи в ламінар-боксі надягають стерильний халат, руки обробляю 70% - им спиртом.

Стерилізація посуду.

Спочатку посуд ретельно миють з використанням миючих засобів або розчину біхромату калію в сірчаній кислоті. Вимитий посуд обполіскують дистильованою водою і висушують в сушильній шафі при 160⁰С протягом 2 год. Ще більш суворої стерилізації можна домогтися під тиском в автоклаві, оскільки вологий жар більш згубний для мікроорганізмів і спор. Автоклавування проводять протягом 25-30 хв.

Стерилізація інструментів.

Попередня стерилізація інструментів полягає в нагріванні сухим гарячим жаром в сушильній шафі протягом 2 год при 140⁰С. Металеві предмети не можна автоклаувати: під дією пара вони іржавіють і тупляться. Безпосередньо перед роботою і в її процесі інструменти ще раз стерилізують в ламінар-боксі, поміщаючи їх в фарфоровий стакан з 96% - вим етиловим спиртом і обпікаючи в полум'ї спиртівки.

Стерилізація поживних середовищ.

Живильні середовища, стерилізують в автоклаві або шляхом двократного кип'ятіння з інтервалом в кілька годин. Органічні рідини, що не виносять нагрівання, звільняються від бактерій при пропущенні через стерильні дрібнопористі бактеріальні фільтри.

Стерилізація рослинного матеріалу.

Процес отримання стерильного рослинного матеріалу складається з декількох етапів:

1. Перший етап - попередня стерилізація. Фрагменти стебла, кореня або листа промивають проточною водопровідною водою і поміщають в спирт (70% -ний розчин на 1 хв). Виділяють три групи насіння: 1 - з дуже незначною зараженістю поверхні мікроорганізмами, 2 - з зараженістю тільки зовнішньої поверхні насіння, 3 - з присутністю мікроорганізмів на поверхні і всередині насіння.
2. Другий етап - попередньо простерилізовані тканини або органи занурюють в стерилізуючий розчин. Одним із найбільш нешкідливих і ефективних агентів вважається гіпохлорит кальцію або натрію. Поряд з ними застосовують також 2-10% -ні розчини хлораміну; 0,1-1% -ні розчини сулеми; 5% -ний розчин формаліну; 10% -ний розчин CuSO_4 ; 5% -ний розчин фенолу; 13-18% -ві розчини перекису водню; 70% -ний розчин етанолу і т.п. Для стерилізації можна також використовувати хлорвмісні розчини відбілювачів, наприклад, засіб "Білизна" (розведення 1: 2, 1: 3).

Антибіотики застосовують для стерилізації рослинного матеріалу, внутрішні тканини якого інфіковані бактеріями. Найбільш часто застосовують стрептоміцин і тетраміцин в концентраціях 10-80 мг / л, ампіцилін - 200-400 мг / л, левоміцетин, каноміцин і інші.

3. Третій етап - відмивання об'єкта від стерилізуючого розчину. При цьому рослинний матеріал промивають 3-4 порціями стерильної дистильованої води, витримуючи його в кожній порції протягом 10-15 хв.

Стерилізація листків

1. Приготувати розбавлені розчини "Білизни"
I – 1 частина препарату і 4 частини води (1:4),
II – 1 частина препарату і 3 частини води (1:3),
III – 1 частина препарату і 2 частини води (1:2),
IV – 1 частина препарату і 1 частина води (1:1).
 2. Інтактні листки картоплі промити у проточній воді, витримати 1-2 хв. у мильному розчині, промити проточною, а потім дистильованою водою.
 3. Промиті листки у боксі занурити у 70%-й етанол на 10-15 сек.
 4. Рослинний матеріал помістити у стерилізуючий розчин з відповідною концентрацією "Білизни" і витримати відповідний час (10, 15, 30 хв).
 5. Рослинний матеріал відмити у трьох порціях стерильної дистильованої води (витримати по 10 хв.).
 6. Для підсушування стерильним пінцетом перенести рослинний матеріал у стерильну чашку Петрі з фільтрувальним папером.
 7. Чашки з рослинним матеріалом культивувати у термостаті без освітлення при $25^0 \pm 1^0\text{C}$.
 10. Через 4-7днів визначити оптимальні умови стерилізації. Життєздатність культури оцінити через 25-30 днів: по периметру життєздатного експлантата утвориться калюс.
- Результати досліджень представити у таблиці 1

Таблиця 1

№ п/п	Концентрація розчину “Білизни”	Тривалість стерилізації (хв)	Загальна кількість експлантатів	Кількість асептичних експлантатів через 7 днів		Кількість життєздатних експлантатів через 30 днів	
				штук	%	штук	%
1	1:4	10					
2		15					
3		30					
4	1:3	10					
5		15					
6		30					
7	1:2	10					
8		15					
9		30					
10	1:1	10					
11		15					
12		30					

Питання для самоконтролю:

1. Чому дотримання стерильності є критично важливим під час культивування ізольованих органів, тканин, клітин та протопластів рослин?
2. Які етапи включає процес стерилізації рослинного матеріалу, і які агенти використовуються для цього?
3. Який порядок стерилізації листків картоплі в ламінар-боксі, і як впливає концентрація розчину “Білизни” на процес?
4. Як підготовлюється та стерилізується обладнання для роботи в лабораторії (наприклад, ламінар-бокс, інструменти, посуд)?

3.РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ

Практична робота №1. Їстівні вакцини: майбутнє медицини у сільському господарстві.

Мета: полягає в дослідженні та аналізі концепції їстівних вакцин, їхніх переваг та недоліків, потенціалу для вирішення глобальних проблем охорони здоров'я, а також етапів їхнього розроблення та впровадження.

Сучасні біотехнології активно впливають на харчову, фармацевтичну та промислову галузі, допомагаючи створювати інноваційні продукти з новими властивостями. Біотехнології у створенні нових продуктів пропонують унікальні можливості для покращення якості життя, вирішення глобальних викликів і збереження природних ресурсів. Водночас, важливо враховувати етичні, екологічні та соціальні аспекти, щоб інновації служили на благо суспільства.

Їстівні вакцини – це революційна технологія на перетині медицини, біотехнології та сільського господарства. Вони пропонують доступне рішення для масової імунізації, особливо у віддалених і малозабезпечених регіонах.

Їстівні вакцини – це генетично модифіковані рослини, у яких вбудовані гени, що синтезують антигени певних патогенів. Коли людина вживає таку рослину, її імунна система розпізнає антиген і виробляє антитіла, як під час звичайної вакцинації.

Як це працює?

1. У ДНК рослини вбудовують ген, що кодує антиген хвороби.

2. Рослина синтезує антиген разом із власними білками.
3. Людина з'їдає вакциновану частину рослини (наприклад, плід, листя).
4. Антиген потрапляє до організму, активуючи імунну відповідь.

Їстівні вакцини розробляють на базі таких культур:

Банани: Легкі у вирощуванні та споживанні, особливо популярні у тропічних регіонах.

Картопля: Добре зберігається, що зручно для транспортування.

Томати: Висока біологічна активність антигену.

Рис: Широко використовуваний продукт, особливо в Азії.

Салат: Їстівний у сирому вигляді, що зберігає активність антигенів.

Потенційні застосування їстівних вакцин

Гепатит В: Вакцини на основі картоплі або бананів уже проходять клінічні випробування.

Кір і паротит: Антигени цих хвороб успішно виробляються в томатах.

Холера: Розроблено вакцини на основі картоплі для країн із високим ризиком спалахів.

Маляра: Проводяться експерименти зі створення вакцин у рисі.

<https://www.youtube.com/watch?v=AZN8dZqqMew>

Їстівні вакцини мають значний потенціал, але водночас стикаються з низкою викликів, які потрібно враховувати для їх успішного впровадження.

Переваги їстівних вакцин

1. **Економічна ефективність**

- Вирощування рослин-вакцин є значно дешевшим, ніж виробництво традиційних вакцин у лабораторіях.
 - Відсутня потреба у спеціальному обладнанні для транспортування, зберігання та введення вакцин.
- 2. Доступність у віддалених регіонах**
- Вакцини можна вирощувати безпосередньо в місцях їх використання, що дозволяє уникнути проблем із транспортуванням і дотриманням холодового ланцюга.
 - Це особливо корисно для тропічних регіонів і країн, що розвиваються.
- 3. Простота використання**
- Їстівні вакцини вживаються як звичайна їжа (наприклад, банани чи томати).
 - Вони не потребують ін'єкцій, що є значною перевагою для людей, які бояться уколів, та для дітей.
- 4. Масштабованість**
- Рослини можна вирощувати у великих кількостях на полях або в теплицях, швидко забезпечуючи велику кількість вакцин.
- 5. Менший ризик зараження через медичні помилки**
- Відсутність необхідності у використанні стерильних шприців і голок мінімізує ризик передачі інфекцій через нестерильне обладнання.
- 6. Екологічність**
- Вирощування рослин-вакцин менш шкідливе для навколишнього середовища порівняно з традиційними методами, які вимагають хімічних речовин і енергоємного обладнання.

Недоліки їстівних вакцин

- 1. Складність регулювання дози**

- Важко забезпечити точну кількість антигену в кожному плоді або порції рослини.
 - Це може призвести до недостатньої імунізації або передозування.
- 2. Розклад антигенів під час обробки чи зберігання**
- Термічна обробка, як-от варіння, може зруйнувати антигени, що робить вакцину неефективною.
 - Антигени можуть деградувати під час неправильного зберігання.
- 3. Потреба у суворому контролі генетичних модифікацій**
- Є ризик випадкового перехресного запилення між рослинами-вакцинами та звичайними рослинами, що може призвести до неконтрольованого поширення ГМО.
 - Можливе забруднення харчового ланцюга, якщо їстівна вакцина потрапить у продаж без відповідного маркування.
- 4. Обмежений спектр захворювань**
- На даний момент їстівні вакцини ефективні лише для профілактики певних вірусних і бактеріальних інфекцій. Важко адаптувати їх для складних хвороб, таких як ВІЛ чи рак.
- 5. Етичні та соціальні питання**
- Суспільний спротив ГМО-продуктам поширюється і на їстівні вакцини.
 - У деяких культурах певні продукти можуть бути заборонені, що обмежує використання їстівних вакцин у цих регіонах.
- 6. Необхідність повторної вакцинації**
- Для формування повноцінного імунітету може знадобитися кілька доз вакцини, що важко відстежити у форматі їстівних продуктів.

Після вживання їстівних вакцин **можуть виникати подібні побічні ефекти**, як і після введення традиційних вакцин, але їхній характер і інтенсивність можуть відрізнятись. Це залежить від способу доставки антигену, реакції імунної системи та особливостей організму.

Що відрізняє їстівні вакцини від традиційних?

1. Менша інтенсивність побічних ефектів:

- Оскільки їстівна вакцина діє через слизову оболонку травного тракту, а не безпосередньо потрапляє в кров, реакції можуть бути менш вираженими.

2. Місцева імунна відповідь:

- Основна імунна відповідь починається в кишківнику, де розташована велика кількість імунних клітин (система GALT – *gut-associated lymphoid tissue*).
- Це може зменшити загальну системну реакцію (наприклад, сильну лихоманку).

3. Індивідуальні особливості:

- Реакція залежить від віку, здоров'я травної системи та загального стану імунітету.

Побічні ефекти після їстівних вакцин, якщо вони виникають, зазвичай м'які й короткочасні. Так само, як і у випадку з традиційними вакцинами, це ознака того, що імунна система працює. Якщо реакція сильна або триває довше, ніж кілька днів, варто звернутися до лікаря.

Їстівні вакцини, завдяки природному шляху введення (через травну систему), можуть бути м'якшими за ін'єкційні у плані побічних ефектів, що робить їх перспективними для широкого впровадження.

Етапи розробки їстівних вакцин

1. Вибір антигену

Цей етап є основою розробки вакцини, адже саме антиген запускає імунну відповідь в організмі.

- **Антиген:** Білок або фрагмент білка збудника хвороби, який розпізнається імунною системою.
- **Критерії вибору антигену:**
 - Він повинен бути стабільним і зберігати свою структуру в рослинній клітині.
 - Повинен викликати потужну імунну відповідь, не викликаючи алергії або небажаних реакцій.

2. Створення трансгенних рослин

Рослини слугують "біофабриками", які синтезують антиген разом із власними білками. Для цього в геном рослини інтегрують потрібний ген.

2.1. Вибір рослини:

- Рослини мають відповідати критеріям:
 - Їстівність (наприклад, банан, томат, салат).
 - Легкість вирощування та поширеність у цільових регіонах.
 - Стійкість до умов зберігання та транспортування.

2.2. Трансформація рослин:

- Використовуються біотехнологічні методи:
 - **Агробактеріальна трансформація:**
 - Бактерія *Agrobacterium tumefaciens* переносить ген антигену в клітини рослини.
 - **Генна гармата (biolistics):**
 - Ген антигену вбудовують у ДНК рослини за допомогою мікрочастинок золота або вольфраму.
 - **Редагування геному (CRISPR/Cas9):**

- Точна модифікація рослинної ДНК для впровадження антигену без побічних змін у геномі.

2.3. Перевірка трансгенних рослин:

- Важливо підтвердити, що рослина:
 - Синтезує антиген у достатній кількості.
 - Не має небажаних генетичних змін.

3. Лабораторні випробування

Розробники тестують вакцину в лабораторних умовах, щоб переконатися в її безпеці та ефективності.

3.1. Тести на клітинних культурах:

- Підтвердження того, що антиген у рослині зберігає імунологічні властивості.
- Аналіз впливу антигену на модельні клітини.

3.2. Тестування на тваринах:

- **Мета:**
 - Оцінити імунну відповідь.
 - Виявити можливі побічні ефекти.
- **Моделі:**
 - Лабораторні миші, кролі або інші тварини, які мають подібну імунну систему.

4. Масштабне вирощування

Після підтвердження ефективності трансгенних рослин їх вирощують у більших масштабах, дотримуючись суворих правил.

- **Закриті теплиці:**
 - Щоб уникнути неконтрольованого поширення модифікованих рослин у довкіллі.
- **Контроль якості:**
 - Регулярний аналіз вмісту антигену у врожаї.
 - Перевірка на стабільність генетичних змін.

5. Клінічні випробування

Це один із найтриваліших і найважливіших етапів, що включає тестування на людях.

5.1. Фаза I:

- Невелика група здорових добровольців (10–50 осіб).
- Мета:
 - Перевірити безпеку їстівної вакцини.
 - Оцінити дозування.

5.2. Фаза II:

- Більша група людей (50–500 осіб).
- Мета:
 - Оцінити імунну відповідь.
 - Перевірити тривалість дії вакцини.

5.3. Фаза III:

- Тисячі добровольців з різних регіонів.
- Мета:
 - Оцінити ефективність у реальних умовах.
 - Виявити рідкісні побічні ефекти.

6. Регіональна сертифікація

Їстівна вакцина повинна пройти перевірку регуляторними органами (наприклад, FDA у США або ЕМА в ЄС).

- **Процедура сертифікації:**
 - Оцінка безпеки для здоров'я людини.
 - Аналіз ризиків для екології.
 - Маркування продуктів як ГМО.

7. Масове виробництво та впровадження

Після отримання сертифікатів їстівна вакцина починає вирощуватися у великих масштабах і потрапляє на ринки.

- **Поширення:**
 - Пряме постачання в регіони, що потребують імунізації.

- Контроль за дотриманням умов транспортування і зберігання.

8. Моніторинг після впровадження

Після того, як вакцина починає використовуватися, ведеться постійний моніторинг її впливу на здоров'я населення.

- **Фармаконагляд:**

- Реєстрація побічних ефектів.
- Оцінка тривалості імунітету.

- **Аналіз ефективності:**

- Зменшення рівня захворюваності в цільових групах.

Успіхи та перспективи їстівних вакцин: реальні кейси і майбутнє

Їстівні вакцини є однією з найбільш перспективних інновацій у біотехнології. Вони вже демонструють успіхи на різних етапах розробки, зокрема у створенні прототипів для боротьби із захворюваннями, такими як гепатит, холера та навіть COVID-19. У цій сфері наука вже досягла значних результатів, а перспективи відкривають нові горизонти для глобального здоров'я.

Реальні кейси їстівних вакцин

1. Вакцина проти гепатиту В

Учені розробили генетично модифіковану картоплю, яка синтезує антиген вірусу гепатиту В. Вакцина пройшла успішні доклінічні випробування, показуючи здатність стимулювати імунну відповідь у лабораторних тварин. Таку вакцину планують застосовувати в регіонах із високою захворюваністю на гепатит В, особливо там, де складно забезпечити холододовий ланцюг для транспортування традиційних вакцин.

2. Вакцина проти холери

Генетично модифікована картопля і томати, що синтезують антигени токсину *Vibrio cholerae*, збудника холери. Лабораторні дослідження показали, що у мишей, які вживали модифіковані продукти, формувався захист від холери. Вакцину можна доставляти в регіони, де часто трапляються епідемії холери, як-от у тропічних країнах Азії та Африки.

3. Антигени для боротьби з COVID-19

У відповідь на пандемію COVID-19 були розроблені прототипи їстівних вакцин на основі рослин, які синтезують спайковий білок коронавірусу (*SARS-CoV-2*). Ведуться активні експерименти на базі листя салату і помідорів. Використання таких вакцин може стати ефективним способом для широкої імунізації, особливо в країнах із низьким рівнем вакцинації.

4. Вакцини для профілактики діареї

У бананах було синтезовано антигени ротавірусу, що викликає важкі форми діареї у дітей. Попередні дослідження підтвердили ефективність такої вакцини у тварин. Знизити дитячу смертність у країнах, що розвиваються, де ротавірус є основною причиною смерті дітей до 5 років.

Питання для самоконтролю:

1. Що таке їстівні вакцини і як вони функціонують у організмі людини?
2. Які культури рослин використовуються для розробки їстівних вакцин і чому?
3. Які основні переваги їстівних вакцин порівняно з традиційними вакцинами?
4. Які труднощі виникають під час виробництва та впровадження їстівних вакцин?

5. Наведіть приклади реальних застосувань їстівних вакцин і поясніть їхній потенціал у боротьбі з конкретними захворюваннями.

Практична робота №2. Генетично модифіковані організми (ГМО) у біотехнології рослинництва

Мета: дослідити основи та сучасні тенденції у створенні генетично модифікованих організмів (ГМО), аналізуючи їх технологічні аспекти, переваги та недоліки, а також вплив на екологію, економіку і здоров'я людини.

Генетично модифіковані організми (ГМО) — це організми, у яких генетичний матеріал було змінено за допомогою методів генної інженерії. У випадку з рослинами це означає введення, видалення або зміну генів, щоб надати рослинам нових властивостей або покращити існуючі.

Чому створюють ГМО?

1. Завдяки стійкості до шкідників і хвороб, ГМО можуть забезпечувати стабільні врожаї навіть у складних умовах.
2. ГМ-рослини, адаптовані до посухи, засолених ґрунтів або екстремальних температур, допомагають вирощувати культури у несприятливих регіонах.
3. Наприклад, «золотий рис» містить підвищений рівень провітаміну А, що допомагає боротися із дефіцитом вітамінів у країнах, що розвиваються.
4. Зменшення використання хімічних пестицидів і добрив, завдяки стійкості до шкідників або здатності фіксувати азот.

Основні етапи створення генетично модифікованих рослин (ГМР).

Модифікація геному рослини виконується на молекулярному рівні, і цей процес включає кілька ключових етапів:

1. Ідентифікація цільового гена

- Генетики шукають гени, які відповідають за корисну властивість, наприклад стійкість до шкідників, посухи або підвищений вміст поживних речовин.
- Джерелом гена може бути інша рослина, бактерія, гриб, тварина або синтетично створена послідовність ДНК.

2. Виділення та підготовка гена

- Ген із цільовою функцією виділяють і «збирають» у лабораторії. Його зазвичай комбінують із регуляторними елементами (наприклад, промоторами), щоб він ефективно працював у геномі рослини.

3. Впровадження гена в геном рослини

Основні методи:

- **Агrogenні трансформації:** використання бактерії *Agrobacterium tumefaciens*, яка природним чином переносить генетичну інформацію в рослини.
- **Біолістика** (генна гармата): гени фізично вводяться в клітини за допомогою мікрочастинок золота або вольфраму, вкритих ДНК.
- **CRISPR-Cas9:** сучасний метод, що дозволяє редагувати ДНК без введення чужорідних генів.

4. Регенерація рослини з модифікованих клітин

- Після генетичного втручання оброблені клітини вирощують у лабораторії. Вони регенерують у цілу рослину за допомогою спеціальних живильних середовищ.
- Отримана рослина містить новий ген у кожній клітині.

5. Тестування та оцінка

- ГМО тестують на ефективність і безпечність: перевіряють, чи працює новий ген і чи не викликає він небажаних ефектів.
- Перевіряється стабільність властивостей протягом кількох поколінь.

Типи генетичних модифікацій

1. **Введення нового гена (трансгенез).** Наприклад, в рослину вводять ген бактерії *Bacillus thuringiensis* (Bt), щоб вона виробляла білок, який токсичний для певних шкідників.
2. **Видалення або "вимкнення" гена (нокаут).** Якщо певний ген відповідає за небажану властивість (наприклад, гіркий смак), його можна «вимкнути».
3. **Зміна існуючого гена (редагування).** Використання технологій, таких як CRISPR-Cas9, дозволяє модифікувати гени без введення чужорідної ДНК.
4. **Збільшення експресії існуючого гена.** Наприклад, змінюють регуляцію гену, щоб рослина виробляла більше корисної речовини.

CRISPR-Cas9 — це сучасний і дуже точний інструмент, який дозволяє «редагувати» ДНК будь-якого організму, зокрема рослин. Уявіть, що ДНК — це книжка з інструкціями, як працює рослина. CRISPR-Cas9 допомагає знайти потрібну «сторінку» і «речення» в цій книжці, а потім виправити, додати або видалити текст.

Навіщо потрібно редагувати ДНК? Наприклад, якщо рослина не витримує посуху або її часто вражають шкідники, ми можемо змінити її «інструкцію» (ДНК), щоб вона стала більш витривалою чи стійкою.

□ **Інструменти, які використовуються:**

- **Cas9** — це «ножиці», які можуть розрізати ДНК у певному місці.
- **gRNA** — це «навідник», який показує, де саме потрібно розрізати. Ця молекула веде Cas9 до потрібного гена, який ми хочемо змінити.

Cas9 розрізає ДНК у заданому місці. клітина сама намагається «залатати» розрив. У цей момент можна: Видалити непотрібний ген. виправити помилку (як редагування тексту). Додати новий ген (наприклад, щоб рослина стала більш поживною).

Що можна зробити з рослинами за допомогою CRISPR-Cas9?

-Зробити рослини стійкими до шкідників. Наприклад, якщо рослину постійно з'їдають комахи, можна додати ген, який відлякує шкідників.

-Зробити рослини витривалими до клімату. У регіонах, де мало води, можна змінити гени, щоб рослини краще переносили посуху.

-Покращити харчову цінність. Наприклад, додати більше вітамінів або зробити продукти смачнішими.

-Зробити продукти кориснішими для екології. Можна створити рослини, які будуть рости без великої кількості добрив або очищати ґрунти від токсинів.

Приклад: Уявіть, що у вас є книга рецептів, але в одному з рецептів забули сіль, і їжа виходить несмачною. CRISPR-Cas9 дозволяє відкрити цю книгу, знайти рецепт і додати в нього сіль, щоб він став правильним.

Переваги	Недоліки
----------	----------

<p>□ Підвищення врожайності Завдяки стійкості до шкідників, хвороб і несприятливих умов (посуха, засоленість ґрунтів), ГМ-культури можуть забезпечувати більший врожай навіть у складних умовах.</p> <p>□ Скорочення використання хімікатів Багато ГМ-культур мають вбудовану стійкість до шкідників (наприклад, Вt-кукурудза), що зменшує потребу в пестицидах. Стійкі до гербіцидів рослини дозволяють ефективніше боротися з бур'янами, використовуючи менше хімічних речовин.</p> <p>□ Покращення поживної цінності ГМО дозволяє створювати продукти із збагаченим вмістом вітамінів, мінералів чи інших корисних речовин. Наприклад, "золотий рис" містить провітамін А, що</p>	<p>□ Ризики для екології Перехресне запилення: ГМ-рослини можуть передати свої гени дикорослим видам, що може вплинути на екосистему. Стійкі бур'яни: Бур'яни можуть адаптуватися до гербіцидів, викликаючи появу так званих "супербур'янів". Втрата біорізноманіття: Масове використання ГМ-культур може витіснити місцеві сорти рослин.</p> <p>□ Економічні та соціальні ризики Залежність фермерів від великих корпорацій (Monsanto, Bayer), які контролюють ринок ГМ-насіння. Висока вартість ліцензованого насіння може бути недоступною для дрібних фермерів.</p> <p>□ Невизначені ризики для здоров'я Довгостроковий вплив ГМО на здоров'я людей ще недостатньо вивчений. Можливі алергічні реакції, якщо модифіковані гени</p>
---	--

допомагає боротися із дефіцитом цього вітаміну.

Стійкість до кліматичних змін

ГМ-рослини можуть краще переносити посуху, холод або засолену воду, що важливо в умовах глобального потепління.

Економія ресурсів

Завдяки високій ефективності ГМО зменшують витрати на обробку ґрунту, догляд за рослинами та зрошення.

Зниження втрат врожаю

Стійкість до грибкових інфекцій, вірусів або бактерій допомагає уникнути псування культур.

Можливість виробництва ліків

Деякі ГМ-рослини використовуються для створення вакцин, антитіл чи інших фармацевтичних продуктів.

продукують нові білки, незвичні для організму людини.

Етичні питання

У деяких країнах ГМО викликають значний опір через релігійні або культурні переконання.

Багато людей вважають неприродним втручання в геном рослин.

Регуляторні складнощі

Для вирощування та продажу ГМ-культур потрібна складна і дорога процедура сертифікації та тестування.

Ризик монокультур

Надмірна залежність від кількох видів ГМ-культур може призвести до значних втрат у випадку появи нових шкідників чи хвороб, які ці культури не витримують.

https://www.youtube.com/watch?v=Incfw_FMviM

Генетично модифіковані організми (ГМО) продовжують розвиватися як інструмент для вирішення глобальних викликів у сільському господарстві, екології та харчовій промисловості.

Сучасні тенденції

1. Точне редагування геному

- Використання новітніх технологій, таких як **CRISPR-Cas9**, дозволяє створювати рослини без введення чужорідних генів, редагуючи лише існуючі. Це знижує етичні та регуляторні перешкоди.

Приклади: Редагування генів рису для зменшення викидів метану в атмосферу. Покращення смакових якостей і терміну зберігання томатів.

2. Розробка культур, адаптованих до зміни клімату

- ГМО активно використовуються для створення рослин, які витримують екстремальні умови: Посуху. Високу солоність ґрунтів. Низькі або високі температури.

3. Розвиток біофортифікації

- Збагачення сільськогосподарських культур корисними речовинами для вирішення проблеми дефіциту вітамінів і мінералів.

Приклади: «Золотий рис», багатий на провітамін А. Пшениця з підвищеним вмістом цинку.

4. Стійкість до хвороб і шкідників

- Впровадження генів, які роблять рослини більш стійкими до грибкових інфекцій, бактерій або комах. Це дозволяє зменшити використання пестицидів.
- Нові сорти стійких до шкідників культур, такі як Bt-бавовник або Bt-кукурудза.

5. Екологічно чисті рішення

- Розробка рослин, які сприяють збереженню ресурсів:
- Рослини, що фіксують азот із атмосфери, зменшуючи потребу в добривах.
- Культури, які очищають ґрунти від токсинів (фітореMediaція).

6. Стійкість до гербіцидів нового покоління

- Генетично модифіковані культури, які дозволяють ефективно використовувати гербіциди, зберігаючи ґрунт і зменшуючи витрати на ручне видалення бур'янів.

7. Виробництво біопрепаратів

- ГМ-рослини використовуються для виробництва:
- Вакцин і ліків (наприклад, антитіла від вірусу Ебола).
- Біопластиків або біопалива.
-

Перспективи розвитку ГМО

1. Інтеграція з цифровими технологіями

- Використання штучного інтелекту та великих даних (Big Data) для аналізу геномів і прогнозування результатів генетичних змін.
- Розробка програм для швидкої ідентифікації потрібних генів.

2. Синтетична біологія

- Створення рослин із абсолютно новими властивостями, яких немає в природі.
- Наприклад, розробка рослин, які світяться в темряві або виробляють нові хімічні сполуки.

3. Удосконалення ГМО для вертикального землеробства

- Створення ГМ-культур, які добре ростуть у контрольованих умовах, наприклад, у вертикальних фермах або теплицях із обмеженим доступом до води.

4. ГМО як відповідь на демографічні виклики

- Зростання населення планети вимагатиме збільшення обсягів виробництва продовольства. ГМО стануть ключовим інструментом для забезпечення продовольчої безпеки.
5. Екологічні культури для боротьби зі зміною клімату
- Розробка рослин, які активно поглинають вуглекислий газ з атмосфери, допомагаючи знижувати рівень парникових газів.
6. Зменшення відходів
- ГМ-рослини із тривалим терміном зберігання допоможуть зменшити втрати врожаю під час транспортування та зберігання.
7. Локалізація виробництва
- Розробка культур, пристосованих до конкретних регіонів (наприклад, ГМ-банани, які стійкі до хвороб у Африці).

Чи є ГМО безпечними для здоров'я?

Наукові дослідження, проведені за останні десятиліття, свідчать, що затвержені ГМО є безпечними для споживання людиною. Організації, такі як Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ), Продовольча та сільськогосподарська організація ООН (ФАО) та Національна академія наук США, підтвердили, що ГМО не несуть більшого ризику для здоров'я, ніж традиційні культури.

Переваги для здоров'я

1. ГМО допомагають боротися із дефіцитом поживних речовин. Наприклад, «золотий рис» збагачений провітаміном А, що запобігає сліпоті у дітей у країнах, що розвиваються.
2. У деяких культурах модифікують гени для зниження вмісту речовин, які викликають алергічні реакції.

Можливі ризики

1. Іноді новий білок, створений у результаті модифікації, може викликати алергічну реакцію. Проте всі ГМО проходять суворе тестування на такі випадки перед комерційним використанням.
2. Дослідження показують, що токсичні ефекти малоімовірні, якщо ГМО проходять належну перевірку.
Поки що немає доказів, що споживання ГМО спричиняє шкідливі наслідки у довгостроковій перспективі. Проте дослідження продовжуються, щоб переконатися у повній безпечності технології.

Чи може ГМО стати основою стійкого сільського господарства?

Стійкість у контексті ГМО

Стійке сільське господарство означає зменшення впливу на довкілля при одночасному забезпеченні продовольчої безпеки. ГМО здатні виконувати цю роль завдяки ряду переваг.

Переваги ГМО для стійкого сільського господарства

1. **Зниження використання хімікатів:**
 - Культури, стійкі до шкідників (наприклад, Bt-рослини), скорочують потребу в пестицидах, що зменшує забруднення ґрунтів і вод.
2. **Ефективне використання ресурсів:**
 - Посухостійкі рослини дозволяють вирощувати врожаї в регіонах із нестачею води.
 - Солестійкі культури розширюють можливості для сільського господарства на маргінальних землях.
3. **Зменшення втрат врожаю:**

- ГМО-рослини краще витримують хвороби, шкідників і кліматичні стреси.
- 4. **Зниження парникових газів:**
 - Використання культур, які потребують менше добрив, знижує викиди парникових газів, що утворюються при їх виробництві та застосуванні.

Виклики впровадження ГМО у стійке сільське господарство

1. **Монополія та економічна залежність:**
 - Великі корпорації контролюють ринок ГМО, що може створювати економічні труднощі для фермерів.
2. **Екологічні ризики:**
 - Перехресне запилення з дикими видами може спричинити екологічні проблеми.
3. **Громадська недовіра:**
 - Страхи перед ГМО обмежують їхнє поширення, особливо в країнах Європи.

Як поєднати технологічний прогрес із екологічними вимогами?

1. **Використання технологій із мінімальним впливом на довкілля:** Технології CRISPR-Cas9 дозволяють редагувати геном рослин без введення чужорідних генів, що знижує ризики для екосистем.
2. **Прозорість та довіра:** Інформування суспільства про наукові дослідження і реальні впливи ГМО допоможе зменшити недовіру.
3. **Регуляторні механізми:** Суворе тестування ГМО перед впровадженням гарантує їх безпечність для природи.

Практичні кроки для інтеграції

1. **Розвиток екологічно спрямованих культур:** Створення рослин, які не тільки витримують стреси, але й сприяють очищенню ґрунту (фіторемедіація) або зменшують вуглецевий слід.
2. **Зменшення хімічного впливу:**
 - Генетично модифіковані культури можуть зменшити залежність від пестицидів і гербіцидів.
3. **Збереження біорізноманіття:**
 - Розробка ГМО, що враховує локальні особливості, допоможе уникнути проблеми монокультур.

<https://www.youtube.com/watch?v=3eybu-IgeQc>

Питання для самоконтролю:

1. Що таке генетично модифіковані організми (ГМО), і з якою метою їх створюють?
2. Які основні етапи включає процес створення генетично модифікованих рослин?
3. У чому полягають переваги використання ГМО у сільському господарстві та харчовій промисловості?
4. Які ризики для екології та здоров'я можуть бути пов'язані з впровадженням ГМО?
5. Як сучасні технології, такі як CRISPR-Cas9, допомагають вдосконалити генетичну модифікацію рослин?

Практична робота №3. Біоенергетика: рослини як джерело відновлюваної енергії. Типи біопалива з рослинної сировини

Мета: дослідити переваги та недоліки використання біопалива як альтернативи традиційним викопним джерелам енергії, вивчити різноманітні типи біопалива, їх вплив на

екологічну ситуацію, енергетичну незалежність та економічний розвиток країн, а також розглянути можливі наслідки для продовольчої безпеки та використання сільськогосподарських ресурсів.

Біопаливо – це органічне паливо, що виробляється з біомаси (рослинних і тваринних продуктів, органічних відходів). Воно використовується як заміна традиційного викопного палива, такого як бензин, дизель або природний газ. Основною перевагою біопалива є його екологічність і відновлюваність.

Біопаливо важливе, тому що:

- **Зменшення викидів CO₂** : Під час використання біопалива викиди CO₂ є нижчими, оскільки рослини, з яких воно виробляється, поглинають цей газ під час росту.
- **Енергетична незалежність**: Країни можуть зменшити залежність від імпорту викопних енергоресурсів.
- **Стійкість**: Біопаливо є частиною циклу відновлення органічної матерії, а його виробництво часто використовує відходи сільського господарства.

Біопаливо поділяється на кілька основних типів залежно від його фізичного стану та джерела виробництва: **рідке (біоетанол, біодизель), газоподібне (біогаз), тверде (пелети, дрова).**

- Біоетанол – це спирт, отриманий шляхом ферментації цукру або крохмалю, що містяться в сільськогосподарських культурах. Його отримують з: цукрової тростини, кукурудзи, пшениці, цукрового буряка. Процес виробництва: сировина перетворюється в цукристу або крохмалисту масу, яка ферментується за допомогою дріжджів, утворюючи спирт.

Використовують його додаючи до бензину (Е85, Е10 – 85% або 10% етанолу відповідно) та паливо для транспорту. Переваги: менший вуглецевий слід порівняно з бензином. Біоетанол добре змішується з бензином, збільшуючи його октанове число.

- Біодизель – це екологічна альтернатива дизельному паливу, вироблена з рослинних олій або тваринних жирів. Отримують його з ріпакової олії, соняшникової олії, сої, пальмової олії. Процес виробництва: в основі лежить хімічний процес трансестерифікації, під час якого рослинна олія або жир перетворюється на метилові ефіри. Використовують як паливо для двигунів внутрішнього згорання, може використовуватися в чистому вигляді або в суміші з нафтовим дизелем. Перевагами є зменшення викидів сірки та CO_2 ; повна біорозкладність.
- Біогаз – це суміш метану (CH_4) і вуглекислого газу (CO_2), яка утворюється під час анаеробного (безкисневого) розкладу органічних матеріалів. Отримують із сільськогосподарських відходів, гній, харчових відходів, енергетичних культур (сорго, кукурудза). Процес виробництва: Органічні матеріали поміщаються у біореактор, де бактерії розкладають їх без доступу кисню. У результаті утворюється газ, який очищують і використовують. Використовують як генерація електроенергії та тепла, паливо для автомобілів (після компресії). Перевагами є утилізація відходів, зменшення викидів парникових газів, побічний продукт – органічне добриво (дігестат).
- Пелети та брикети – це компактні форми пресованої біомаси, зазвичай деревної, які використовуються як паливо для спалювання. Отримують з відходів деревообробної

промисловості (тирса, стружка), сільськогосподарських залишків (солома, лушпиння). Процес виробництва: матеріал подрібнюється, висушується, а потім пресується у щільні гранули чи блоки. Використовують для побутового та промислового опалення, паливо для електростанцій. Перевагами є висока щільність енергії, простота транспортування.

Світовий розподіл біопалива

Біоетанол є найбільш популярним рідким біопаливом у світі. Його виробництво і споживання зростає в країнах, де є великі площі сільськогосподарських культур (кукурудза, цукрова тростина, пшениця), які можуть бути використані для ферментації.

Бразилія є світовим лідером з виробництва біоетанолу, здебільшого з цукрової тростини. Тут широко використовуються автомобілі, що працюють на E85 (суміш 85% біоетанолу та 15% бензину). Бразилія розвиває власну енергетичну незалежність завдяки біоетанолу, а також активно експортує його.

США виробляють біоетанол здебільшого з кукурудзи. Біоетанол активно використовується як частина паливних сумішей, таких як E10 (10% етанолу, 90% бензину), а також у складі біопаливних програм для зменшення залежності від нафти.

Канада виробляється з кукурудзи та пшениці. У Канаді етанол змішують з бензином у співвідношенні 10%, сприяючи зменшенню шкідливих викидів від автомобільного транспорту.

Біодизель виробляється головню з рослинних олій або тваринних жирів. Його виробництво стало популярним

завдяки технологіям трансестерифікації, що дозволяють використовувати різноманітні сировинні матеріали для отримання біодизелю.

Німеччина є одним із найбільших виробників біодизелю в Європі, використовуючи ріпакову олію як основну сировину. Біодизель активно використовується в транспортуванні та опаленні. Тут він є основним компонентом сумішей дизельного палива (B5, B20).

Індонезія виробляє біодизель з пальмової олії. Індонезія планує збільшити частку біодизелю в паливному балансі до 30%, що допоможе зменшити імпорт нафти та підвищити енергетичну безпеку.

Франція: Біодизель виробляється переважно з соняшникової олії. У Франції біодизель широко використовується для транспортування, зокрема для вантажівок та сільськогосподарської техніки.

Біогаз виробляється за допомогою анаеробного розкладу органічних матеріалів. Це один з найбільш ефективних способів переробки відходів та виробництва енергії.

Швеція використовує біогаз, вироблений переважно з сільськогосподарських відходів, харчових відходів та лісгосподарських залишків. Біогаз активно використовується для виробництва електроенергії та тепла. Крім того, Швеція є лідером у використанні біогазу як автомобільного палива (біогаз у вигляді стиснутого газу CNG).

Німеччина активно виробляє біогаз з сільськогосподарських відходів, таких як гній та кукурудза. Біогаз використовується для генерування електрики в біогазових установках.

Німеччина також експортує технології біогазових установок в інші країни.

Китай активно використовує біогаз, отриманий із сільськогосподарських відходів та тваринного гною. Біогаз використовується для виробництва електричної та теплової енергії, а також для постачання природного газу до домашніх господарств у сільських районах.

Категорія	Переваги	Недоліки
Екологічні переваги	Зменшення викидів парникових газів (менше CO ₂ порівняно з викопними паливами). Біорозкладність, менше забруднення навколишнього середовища.	Викиди під час виробництва та транспортування (енергоємність процесу виробництва та переробки). Використання земельних ресурсів для вирощування енергетичних культур може призвести до деградації природних екосистем.
Енергетична незалежність	Зменшення залежності від імпорту нафти і газу. Створення робочих місць у сільському господарстві та переробній	Потреба у значних інвестиціях для розвитку інфраструктури виробництва та транспортування.

	промисловості.	
Використання відходів	Переробка сільськогосподарських та харчових відходів, зменшення навантаження на сміттєзвалища.	Потрібен розвиток технологій для ефективного збору та обробки органічних відходів.
Використання сільськогосподарських культур	Сталий розвиток сільського господарства, розширення ринку для нових культур.	Може призвести до підвищення цін на продовольчі продукти (конкуренція за землю та сировину).
Вартість	Знижує вартість енергії на місцевому рівні, сприяючи зниженню залежності від викопних ресурсів.	Висока вартість виробництва порівняно з викопними енергоресурсами.
Сталий розвиток	Сприяє розвитку сільськогосподарської галузі, покращує використання земельних ресурсів.	Продуктивність земель може знижуватися через монокультури (вирощування однієї культури для біопалива).
Водні ресурси	Використання органічних відходів для виробництва	Вирощування енергетичних культур потребує значних витрат

	біогазу і пелет зменшує потребу у воді для нових культур.	води, що може бути проблемою в посушливих районах.
Технології	Використання відновлюваних джерел енергії, зменшення викидів токсичних речовин (сірка, вуглець) при спалюванні.	Необхідність постійного вдосконалення технологій для зниження витрат енергії на виробництво біопалива.
Вплив на природу	Зменшується забруднення повітря та води	Дефорестація (процес знищення або значного скорочення лісових масивів, який призводить до втрати лісових екосистем), особливо при вирощуванні пальмової олії для біодизелю, що може призвести до втрати біорізноманіття.
Виробництво	Використання місцевих ресурсів (сільськогосподарські культури, відходи) сприяє розвитку місцевої економіки.	Виробництво біопалива може бути менш ефективним з точки зору енергетичних витрат на одиницю продукції.

<https://www.youtube.com/watch?v=fddK7qmLC8>

<https://www.youtube.com/watch?v=sCwx9b5MQmo>

Як біопаливо може змінити економіку країн, що залежні від імпорту викопних палив?

Наприклад, Бразилія значно знизила залежність від імпорту нафти завдяки широкому використанню біоетанолу, що виробляється з цукрової тростини. Це дозволило країні зменшити вартість імпорту нафти та створити робочі місця в аграрному секторі. Наприклад, Індія та Китай активно інвестують у виробництво біопалива, що дозволяє зменшити витрати на енергетичні ресурси та збільшити внутрішнє виробництво енергії.

Як використання сільськогосподарських культур для виробництва біопалива може вплинути на продовольчу безпеку в світі?

Вирощування сільськогосподарських культур для виробництва біопалива може зменшити площі, доступні для вирощування продовольчих культур, що може призвести до зростання цін на продукти харчування.

Якщо землі використовуються для вирощування енергетичних культур (наприклад, кукурудзи для біоетанолу чи ріпаку для біодизелю), це може зменшити кількість земель для виробництва продовольчих культур, таких як пшениця, рис, кукурудза, що веде до обмеження продовольчих ресурсів.

Мексика є прикладом країни, де зростання попиту на біоетанол з кукурудзи призвело до підвищення цін на кукурудзу, що негативно вплинуло на продовольчу безпеку, оскільки кукурудза є основним продуктом для населення країни. У той же час, деякі країни можуть отримати вигоду від розширення ринку для сільськогосподарських культур, що

вирощуються для біопалива. Наприклад, фермери можуть отримати вищі доходи, вирощуючи енергетичні культури замість традиційних продовольчих.

В деяких країнах, зокрема в Африці та Латинській Америці, використовуються відходи сільськогосподарських культур (наприклад, солома, тростина), що знижує конкуренцію між використанням землі для біопалива та продовольства. Це дає можливість використовувати доступні ресурси без шкоди для продовольчої безпеки.

Питання для самоконтролю:

1. Що таке біопаливо, і які основні типи біопалива використовуються в сучасній енергетиці?
2. Які переваги використання біопалива порівняно з викопними паливами для екології та енергетичної незалежності?
3. Як виробляється біоетанол, біодизель і біогаз, і які джерела сировини використовуються для їх виробництва?
4. Які можливі екологічні та соціальні наслідки пов'язані з використанням сільськогосподарських культур для виробництва біопалива?
5. Як біопаливо може сприяти економічній незалежності країн, що залежать від імпорту викопних палив?

Практична робота №4. Енергетичні рослини: основні культури

Мета: дослідити етичність використання сільськогосподарських земель для виробництва біопалива, враховуючи глобальні проблеми голоду.

Енергетичні рослини — це види рослин, які спеціально вирощуються для виробництва енергії у формі біопалива (рідкого, твердого або газоподібного). Вони є основою для біоетанолу, біодизеля, біогазу та інших видів біопалива. Енергетичні рослини зазвичай швидко ростуть, мають високу біомасу та здатні ефективно використовувати воду і поживні речовини.

Біоетанол: кукурудза, цукрова тростина, пшениця, сорго, цукрові буряки, маніок.

Біодизель: ріпак, соя, пальмова олія, соняшник, ятрофа.

Рослини для твердого біопалива: Деревина (вільха, евкаліпт, акація, тополя, верба). Злакові культури для виробництва пелет і брикетів (слонова трава, міскантус, очерет).

Рослини для газоподібного біопалива: Енергетична кукурудза, люцерна, суданка (для виробництва біогазу). Водорості для біогазу та синтетичного метану.

Основні енергетичні культури та їх використання

<i>Назва</i>	<i>Використання</i>	<i>Переваги</i>	<i>Недоліки</i>	<i>Приклад</i>
Кукурудза	виробництво біоетанолу. Кукурудзяний крохмаль переробляється в етанол шляхом ферментації.	доступна в багатьох країнах, висока врожайність.	велика кількість води і добрив для вирощування, конкуренція з продоволь	США є найбільшим виробником кукурудзяного біоетанолу.

			чими потребами.	
Цукрова тростина	основна сировина для біоетанолу в тропічних регіонах. Високий вміст цукрів робить її дуже ефективною для ферментації.	висока продуктивність, низькі витрати на переробку.	вирощування потребує тропічного клімату, деградація ґрунтів при надмірному використанні.	Бразилія є світовим лідером у виробництві біоетанолу з цукрової тростини.
Ріпак	виробництво біодизеля. Насіння ріпаку багате на олію, яка переробляється на паливо.	високий вміст олії, добре росте в помірному кліматі.	висока вартість вирощування, залежність від добрив і пестицидів.	Європа активно використовує ріпак для виробництва біодизеля.
Соняшник	для біодизеля (з олії насіння)	поширена культура, відносно невибаглива до ґрунту.	нижча врожайність олії порівняно з ріпаком.	Україна та Аргентина є великими виробниками олії, частина якої використовується

				вується для біопалива.
Слонова трава	тверде біопаливо (брикети, пелети).	швидкий ріст, низькі потреби у воді та добривах.	потребує значних площ землі.	використовується в Азії та Африці як дешевий та доступний ресурс.
Водорості	виробництво рідкого біопалива (біодизель, біоетанол) та біогазу.	швидкий ріст, використання солоної або стічної води, можливість вирощування на непридатних для землеробства територіях.	висока вартість технологій для переробки.	США та Японія активно досліджують водорості як альтернативу традиційним культурам.
Пальмова олія	біодизель	висока продуктивність,	вирубка тропічних лісів для	Індонезія та Малайзія є

		великий вміст олії.	плантацій пальм, що викликає критику через екологічні наслідки.	найбільши ми виробника ми пальнової олії для біодизеля.
--	--	---------------------------	---	---

Фактори вибору енергетичних рослин залежать від багатьох змінних, включаючи кліматичні, економічні, екологічні та технологічні аспекти. Детальний аналіз цих факторів дозволяє оптимізувати використання рослинної сировини для виробництва біопалива, забезпечуючи екологічну стабільність та економічну вигоду.

- **Кліматичні умови.** Кожна рослина має специфічні вимоги до клімату. Наприклад: цукрова тростина потребує тропічного клімату з високою вологістю і температурою. Міскантус та слонова трава пристосовані до помірному клімату і можуть рости в умовах помірному дощового клімату. Рослини, адаптовані до регіональних умов, мають вищу врожайність і меншу потребу в додатковому зрошенні або добривах. *Тривалість вегетаційного періоду:* Культури з коротким циклом росту (наприклад, кукурудза, сорго) можуть бути зібрані швидше, що дозволяє отримати декілька врожаїв на рік у сприятливих умовах. Рослини з тривалим вегетаційним періодом (наприклад, евкالیпт або тополя) мають більшу біомасу, але вимагають більше часу для досягнення повної продуктивності.

Стійкість до екстремальних погодних умов: У районах із посухами доцільніше використовувати посухостійкі культури, такі як ятрофа або сорго. У місцевостях, де є ризик повеней, підходять культури, які можуть виживати у зонах з надлишковою вологістю (наприклад, рисова солома або очерет).

- **Доступність ресурсів.** *Грунтові умови:* рослини, які ростуть на деградованих або малопродуктивних ґрунтах, є ідеальними для зменшення конкуренції з продовольчим виробництвом. Наприклад: міскантус і слонова трава ростуть навіть на бідних ґрунтах. Ятрофа росте на непридатних для сільського господарства землях.

Вода: рослини з низькими потребами у воді (наприклад, ятрофа, сорго) підходять для регіонів з обмеженими водними ресурсами. Культури, такі як цукрова тростина чи кукурудза, потребують значного зрошення, тому їх вибір залежить від доступності водних ресурсів.

Потреба в добривах та пестицидах: культури, які мають низькі потреби в добривах (наприклад, слонова трава, міскантус), є економічно вигіднішими та менш шкідливими для довкілля. У регіонах з обмеженим доступом до добрив потрібно обирати менш вимогливі культури.

- **Енергетична ефективність.** Вибір культури залежить від кількості біомаси, яку можна отримати на одиницю площі: міскантус та слонова трава забезпечують велику кількість біомаси на гектар. Цукрова тростина забезпечує високий рівень цукрів для виробництва біоетанолу. Культури з високою енергетичною віддачею є більш вигідними. Наприклад: біоетанол з цукрової тростини має одну з найвищих енергетичних віддач серед рослинних палив.

Біодизель із пальмової олії має більшу енергетичну віддачу порівняно з біодизелем з ріпаку.

- **Економічні переваги.** Культури, які потребують менше ресурсів для вирощування (добрива, вода, пестициди), є більш економічно вигідними. Наприклад, міскантус є дешевим у догляді після початкового висадження, але має високу врожайність. Енергетичні культури сприяють економічному розвитку регіонів, створюючи робочі місця в аграрному секторі. Наприклад, у Бразилії індустрія цукрової тростини є ключовою для зайнятості у сільських районах. Вибір культури залежить від ринкового попиту. Наприклад у Європі великий попит на біодизель стимулює вирощування ріпаку. У США, де розвинена біоетанольна індустрія, домінує кукурудза.

Енергетичні культури, які переробляють побічну продукцію (наприклад, солому, тростинний жом), зменшують кількість відходів і збільшують ефективність використання ресурсів. Деякі культури були генетично модифіковані для збільшення врожайності або стійкості до стресів. Наприклад, ГМО-кукурудза з підвищеною стійкістю до шкідників забезпечує вищу продуктивність для виробництва біопалива. Водорості та інші нетрадиційні культури мають величезний потенціал для майбутнього, оскільки вони не конкурують із продовольчими потребами і можуть бути вирощені на непридатних землях.

<https://www.youtube.com/watch?v=fUFZG8IPGGM>

Чи є етичним використання сільськогосподарських земель для виробництва біопалива, коли існує глобальна проблема голоду?

Аргументи "за":

1. Зменшення залежності від викопних палив: Використання біопалива може сприяти зменшенню залежності від нафти й газу, що є особливо важливим для країн, які не мають власних запасів викопного палива. Це може стабілізувати їхню економіку і створити нові робочі місця в сільському господарстві.
2. Розвиток сільських територій: Вирощування енергетичних культур, таких як кукурудза, ріпак чи цукрова тростина, може стимулювати розвиток сільської інфраструктури та забезпечити додаткові доходи для фермерів.
3. Використання маргінальних земель: У багатьох випадках енергетичні культури можна вирощувати на маргінальних землях, які непридатні для вирощування продовольчих культур. Це може зменшити конкуренцію за родючі ґрунти.
4. Сталий розвиток: Біопаливо, якщо виробляється екологічно відповідально, може зменшити викиди парникових газів і сприяти боротьбі зі змінами клімату, що позитивно вплине на сільське господарство у довгостроковій перспективі.

Аргументи "проти":

1. Конкуренція за ресурси: Використання родючих земель для вирощування енергетичних культур може зменшити площі, доступні для продовольчих культур, що може призвести до дефіциту їжі та підвищення цін на продукти. Це особливо критично для бідних країн, де значна частина населення вже живе на межі голоду.

2. Екологічний вплив:
Масове вирощування енергетичних рослин може призвести до вирубки лісів (дефорестації), втрати біорізноманіття та виснаження ґрунтів. Наприклад, розширення плантацій пальмової олії в Індонезії викликало значні екологічні катастрофи.

3. Етичний аспект:
Коли на планеті голодує близько 700 мільйонів людей (за даними ООН), виділення ресурсів на виробництво палива замість їжі викликає моральні сумніви. Особливо це стосується культур, які одночасно є основними продуктами харчування (кукурудза, пшениця).

4. Підвищення цін на продукти:
Використання продовольчих культур для виробництва біопалива, наприклад, кукурудзи для біоетанолу, може підвищити їхню вартість на світовому ринку. Це особливо болісно відчувається в країнах, що залежать від імпорту продовольства.

Можливі компромісні рішення:

1. Використання відходів:
Замість вирощування спеціальних культур, можна використовувати сільськогосподарські відходи (солому, лушпиння, жом) або побутові органічні відходи для виробництва біопалива.

2. Перехід на друге і третє покоління біопалива:
Біопаливо другого покоління виробляється з лігноцелюлозної сировини (деревина, трава), а третього покоління — з водоростей. Вони не конкурують із продовольчими культурами.

3. Рациональне планування земельного використання: Виділення лише маргінальних або деградованих земель для вирощування енергетичних культур може зменшити конкуренцію з продовольчими культурами.
4. Інновації в технологіях: Підвищення ефективності вирощування енергетичних культур та розробка нових сортів з більшою врожайністю може знизити потребу у великих площах землі.

Питання для самоконтролю:

1. Що таке енергетичні рослини, і для яких видів біопалива вони використовуються?
2. Які фактори впливають на вибір енергетичних культур для вирощування в конкретному регіоні?
3. Які переваги та недоліки використання популярних енергетичних рослин, таких як кукурудза, ріпак чи слонова трава, для виробництва біопалива?
4. Як вирощування енергетичних рослин може вплинути на екологію та продовольчу безпеку в світі?
5. Які альтернативні підходи (друге і третє покоління біопалива) пропонуються для вирішення етичних і екологічних проблем, пов'язаних із виробництвом біопалива?

Практична робота № 5. Біодеградація полімерів: роль мікроорганізмів

Мета: Дослідити здатність мікроорганізмів розкладати біополімери.

Полімери — це особливий вид хімічних речовин, які характеризуються високою молекулярною масою .

Біодеградація полімерів — це процес розкладу полімерних матеріалів (пластиків, біополімерів тощо) під впливом мікроорганізмів, таких як бактерії, гриби або водорості. Цей процес є важливим для зменшення екологічного забруднення, особливо в умовах кризи з пластиковими відходами.

Біодеградація — це розкладання органічних речовин у простіші молекули під дією ферментів, що виділяються мікроорганізмами. У випадку полімерів, мікроорганізми можуть розщеплювати їхні довгі молекулярні ланцюги на мономери.

Основні етапи біодеградації полімерів

1. Адгезія мікроорганізмів на поверхню полімеру

- Мікроорганізми прикріплюються до поверхні полімеру, утворюючи біоплівку.
- Початковий етап включає фізико-хімічні взаємодії між поверхнею полімеру та мікроорганізмами.

2. Попередня деструкція полімеру

- Ультрафіолетове випромінювання, окислення або температурний вплив можуть попередньо пошкодити полімер, роблячи його більш доступним для мікроорганізмів.

3. Ферментативний розпад полімеру

- Ферменти (наприклад, естерази, ліпази, протеази) атакують хімічні зв'язки в полімері, розбиваючи його на мономери.

4. Мінералізація

- Мономери використовуються мікроорганізмами як джерело енергії та вуглецю, перетворюючись на кінцеві продукти: воду, вуглекислий газ, метан або біомасу.

Типи полімерів і їхня біодеградація

1. **Біополімери** (наприклад, полісахариди, білки). Природні полімери, такі як целюлоза, крахмаль, хітин. Біодеградують легко завдяки доступності природних ферментів (целюлаз, амілаз, хітинлаз).
2. **Синтетичні полімери** (традиційний пластик). Поліетилен (PE), поліпропілен (PP), поліетилентерефталат (PET). Стійкі до розкладу через міцні хімічні зв'язки та гідрофобність.
3. **Біорозкладні полімери**. Наприклад, полілактид (PLA), полігідроксіалканоати (PHA). Розроблені спеціально для біологічного розкладу за допомогою мікроорганізмів.

Роль мікроорганізмів

Бактерії *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Alcaligenes*: розкладають поліетилен, поліпропілен, поліуретани. Виробляють ферменти (наприклад, ліпази для поліуретанів).

Гриби *Aspergillus niger*, *Penicillium sp.*, *Trichoderma*: успішно руйнують полімери на основі естерів (PLA, PHA). Ефективні завдяки своїм потужним ферментативним системам.

Водорості *Spirogyra*, *Chlamydomonas*: Допомагають у водному середовищі розкласти деякі біополімери.

Фактори, що впливають на біодеградацію: Хімічний склад, молекулярна маса, кристалічність, гідрофобність, температура, вологість, рН, наявність кисню. Наявність специфічних ферментів і штамів мікроорганізмів.

Методи оцінки біодеградації

- **Хімічний аналіз:** Вимірювання маси, молекулярної ваги, хімічного складу залишків.
- **Газовий аналіз:** Оцінка виділення CO_2 або CH_4 (мінералізація).
- **Біотести:** Спостереження за ростом мікроорганізмів на полімері.
- **Фізичний аналіз:** Зміна поверхні (SEM — скануюча електронна мікроскопія).

Переваги біодеградації полімерів: зменшення обсягу відходів на полігонах; зниження забруднення ґрунтів, води та повітря; виробництво кінцевих продуктів (CO_2 , вода, біомаса), які нешкідливі для природи; сприяє циркулярній економіці; стимулює розвиток біоматеріалів на основі природних ресурсів; деякі процеси можуть проводитися без високих енерговитрат (компостування); використання біорозкладних пакетів, посуду, упаковки; компостування органічного сміття разом із біополімерами.

Недоліки біодеградації полімерів: синтетичні полімери, такі як поліетилен, розкладаються дуже повільно; біорозкладані полімери часто потребують компостування або інших контрольованих умов (температура, вологість, мікроорганізми); біополімери не завжди підходять для довготривалого чи технічного використання через їхню меншу міцність; біорозкладні полімери дорожчі у виробництві; необхідні інвестиції у створення інфраструктури (біореактори, компостувальні установки); у деяких випадках розклад полімерів може виділяти токсичні або шкідливі проміжні сполуки.

В Україні біодеградація полімерів поступово впроваджується, хоча цей процес ще не є широко поширеним через низку економічних та технологічних бар'єрів.

Деякі українські компанії виробляють та використовують біорозкладні пакети з полілактиду (PLA) та інших біополімерів. Наприклад, "ЕкоПакет" пропонує продукцію, яка компостується в домашніх або промислових умовах.

У великих містах, таких як Київ і Львів, розпочато проекти з компостування органічних відходів, де також тестується розкладання біорозкладних полімерів.

Українські стартапи активно працюють у сфері створення матеріалів з біорозкладними властивостями, наприклад, із целюлози, крохмалю або інших природних компонентів.

Університети та наукові центри України (наприклад, Інститут біоорганічної хімії та нафтохімії НАН України) проводять дослідження з розкладання полімерів за допомогою мікроорганізмів.

У 2021 році було ухвалено закон, який обмежує використання пластикових пакетів, стимулюючи перехід на біорозкладні матеріали.

Виклики для впровадження біодеградації в Україні

Обмежена кількість компостувальних станцій та біореакторів. Не всі українці розуміють різницю між біорозкладними та традиційними полімерними матеріалами. Висока вартість виробництва біополімерів є бар'єром для їх масового впровадження. Недостатнє фінансування та заохочення для бізнесу, що займається розробкою біорозкладних матеріалів.

Хід роботи

Для розуміння механізмів та оцінки ефективності розкладу полімерних матеріалів у різних умовах проводиться моделювання кінетики розкладу полімерів. Розрахунки допомагають зрозуміти реальні процеси, що відбуваються з полімерними матеріалами у природному або штучному середовищі, а також моделювання сприяє розробці інновацій у сфері переробки та утилізації полімерів.

Завдання : При відомому значенні константа швидкості (k) та порядку реакції ($n=1$), спрогнозуйте, за який час полімер з початкової концентрації C_0 розкладеться до бажаного рівня C_f .

$$t = \frac{1}{k} \ln\left(\frac{C_0}{C_f}\right)$$

Приклад розв'язку : $k = 0.05 \text{ год}^{-1}$, $C_0 = 100 \text{ мг/л}$, $C_f = 10 \text{ мг/л}$

$$t = \frac{1}{0,05} \ln\left(\frac{100}{10}\right)$$

$$t = 20 \ln(10) = 20 * 2,3026 = 46,05 \text{ год}$$

Висновок. Для зменшення концентрації з 100 мг/л до 10 мг/л у реакції першого порядку знадобиться приблизно 46 годин.

Вихідні дані

№	C_0 мг/л	C_f мг/л	k год ⁻¹	t год
1	100	10	0,05	
2	120	12	0,04	
3	140	13	0,03	
4	160	15	0,02	
5	200	17	0,01	

6	250	19	0,07	
7	300	32	0,02	
8	500	22	0,03	
9	400	25	0,01	
10	330	16	0,09	

Питання для самоконтролю:

1. Що таке біодеградація полімерів, і які основні етапи цього процесу?
2. Які фактори впливають на швидкість біодеградації полімерів? Назвіть принаймні три приклади.
3. Які мікроорганізми найчастіше використовуються для біодеградації полімерів, і яку роль вони відіграють у цьому процесі?
4. Які переваги та недоліки має використання біорозкладних полімерів? Наведіть по два приклади кожного.
5. Які методи оцінки біодеградації полімерів використовуються, і що вони вимірюють?

Практична робота № 6. Виробництво органічних кислот за допомогою мікроорганізмів

Мета: Ознайомитись з процесами мікробного виробництва органічних кислот та вивчити основні етапи ферментації та факторів, що впливають на її ефективність.

Органічні кислоти — це важливі хімічні сполуки, які широко використовуються в харчовій, фармацевтичній, хімічній промисловості, а також як проміжні продукти у виробництві пластмас, полімерів і розчинників.

Мікробне виробництво органічних кислот — це біотехнологічний процес, у якому використовуються мікроорганізми для перетворення різних джерел вуглецю (цукрів, крохмалів, меляси, сільськогосподарських відходів) на органічні кислоти. Цей підхід базується на ферментації, де мікроорганізми синтезують кислоти як первинні чи вторинні метаболіти.

Органічні кислоти, такі як лимонна, молочна, оцтова, янтарна та інші, є основою багатьох галузей. Вони використовуються як реагенти або компоненти для створення пластмас, фармацевтичних засобів, косметики, харчових добавок тощо.

Лимонна кислота є популярним регулятором кислотності та антиоксидантом у харчовій промисловості, а молочна кислота використовується для виготовлення кисломолочних продуктів та як консервант.

Органічні кислоти застосовуються у створенні ліків, зокрема антибіотиків, вітамінів і хімічних препаратів. Наприклад, молочна кислота використовується для створення біорозкладних медичних матеріалів.

На відміну від хімічних методів виробництва, мікробіологічний підхід є екологічно чистим, оскільки використовує відновлювальну сировину, виробляє менше відходів і не потребує високих енергозатрат.

Деякі органічні кислоти є базою для синтезу біопластиків (наприклад, полілактиду, що виробляється з молочної кислоти) або інших матеріалів, які замінюють нафтохімічні продукти.

Цей процес дозволяє утилізувати органічні відходи (наприклад, залишки цукрової тростини, картопляний

крохмаль), перетворюючи їх у цінні продукти, тим самим зменшуючи екологічне навантаження.

Переваги мікробного виробництва органічних кислот:

- Використання відновлюваних ресурсів.
- Екологічно чистий процес.
- Висока селективність і чистота продукту.
- Можливість використання відходів як сировини.

Недоліки:

- Низька швидкість ферментації порівняно з хімічними методами.
- Чутливість мікроорганізмів до умов процесу.
- Необхідність очищення продукту.

Процес мікробного виробництва органічних кислот включає кілька ключових етапів, які забезпечують ефективну ферментацію та отримання продукту високої чистоти:

1. Підготовка мікроорганізмів

На початковому етапі обирають мікроорганізми, здатні синтезувати потрібну органічну кислоту. Для цього використовують спеціальні штами бактерій, грибів або дріжджів, які демонструють високу продуктивність і стійкість до кінцевого продукту. Обрані мікроорганізми вирощують у стерильних умовах на живильному середовищі, багатому на азот, вуглець та мінерали.

2. Вибір та підготовка сировини

Для ферментації необхідне джерело вуглецю, яким зазвичай є глюкоза, фруктоза, меляса або відходи сільського господарства (наприклад, картопляний крохмаль чи пивна дробина). Сировину очищують та піддають попередній обробці, щоб зробити її доступною для мікроорганізмів.

3. Ферментація

Мікроорганізми інокують у ферментер, де відбувається перетворення сировини на органічну кислоту. Залежно від вимог процесу ферментація може бути

А.) аеробною - використовується для процесів, що потребують кисню (наприклад, виробництво лимонної кислоти).

Б.) анаеробною - застосовується для синтезу продуктів, що утворюються в безкисневих умовах (молочна, пропіонова кислота).

Температура, рівень рН і аерація ретельно контролюються, щоб створити оптимальні умови для роботи мікроорганізмів. Тривалість ферментації може становити від кількох годин до кількох діб.

Ферментаційні методи: підводна ферментація (Submerged Fermentation, SmF), поверхнева ферментація (Surface Fermentation, SF), Твердофазна ферментація (Solid-State Fermentation, SSF)

4. Накопичення продукту

Під час ферментації органічна кислота накопичується у середовищі. Однак надмірна концентрація кислоти може пригнічувати ріст мікроорганізмів, тому у промислових масштабах часто використовують стратегії контролю її рівня. Це може включати поступове додавання субстрату або підтримання нейтрального рівня рН.

5. Виділення та очищення продукту

Після завершення ферментації отриманий розчин містить органічну кислоту, залишкову сировину, побічні продукти та мікроорганізми. Виділення цільового продукту здійснюється через фільтрацію, центрифугування або

осадження. Для досягнення високої чистоти застосовуються методи кристалізації, екстракції чи дистиляції.

6. Переробка побічних продуктів

Після виділення органічної кислоти залишки ферментаційного середовища можуть використовуватися повторно, наприклад, як добрива або для отримання додаткових цінних речовин. Це дозволяє знизити витрати та зробити процес більш екологічним.

Процес мікробного виробництва органічних кислот є складним біотехнологічним явищем, яке залежить від багатьох фізико-хімічних і біологічних факторів. Кожен із них може впливати на ефективність ферментації, якість кінцевого продукту та загальну економічність процесу.

Ключовим фактором є вибір мікроорганізмів. Штами бактерій, грибів або дріжджів повинні бути здатні швидко рости, мати високу продуктивність і толерантність до кінцевої концентрації кислоти. Деякі мікроорганізми, такі як *Aspergillus niger* (для лимонної кислоти) або *Lactobacillus spp.* (для молочної кислоти), є більш придатними для певних процесів завдяки своїм ферментативним системам.

Склад живильного середовища, включаючи джерела вуглецю, азоту, мікроелементів і вітамінів, визначає продуктивність мікроорганізмів. Наприклад, для лимонної кислоти ефективним джерелом вуглецю є глюкоза або сахароза. Водночас надлишок чи дефіцит азоту може суттєво вплинути на ферментацію.

Температура повинна відповідати оптимальному діапазону для зростання мікроорганізмів і синтезу кислоти. Наприклад, бактерії *Lactobacillus* працюють найкраще при 35–37°C, тоді як гриби *Aspergillus niger* зазвичай потребують

температури 28–30°C. Відхилення від оптимуму може уповільнити ріст клітин або повністю зупинити ферментацію.

Кислотність середовища є критичним фактором, оскільки вона впливає на ферментативну активність мікроорганізмів. Наприклад, для лимонної кислоти оптимальний рівень рН — 2–3, тоді як для молочної кислоти він становить 5–6. Постійний контроль рН дозволяє підтримувати стабільний процес ферментації.

Багато органічних кислот утворюються в аеробних умовах (наприклад, лимонна кислота), тому потрібне ефективне постачання кисню у ферментер. Водночас деякі кислоти (наприклад, молочна) синтезуються в анаеробних умовах, тому доступ кисню потрібно обмежувати.

Висока концентрація органічної кислоти може пригнічувати ріст мікроорганізмів і знижувати активність ферментів. Це є одним із найважливіших обмежувальних факторів. Для його мінімізації застосовують методи контролю рівня кислоти або вилучення продукту під час ферментації.

Тривалість процесу повинна бути оптимальною. Занадто короткий час може призвести до неповного перетворення сировини, тоді як надмірно довга ферментація може бути економічно недоцільною.

Деякі субстрати можуть містити речовини, які пригнічують мікроорганізми або ферменти. Наприклад, фенольні сполуки в деяких рослинних відходах можуть бути токсичними для мікроорганізмів.

Тип і конструкція ферментера, система перемішування, контроль температури й аерації також відіграють важливу роль. Ефективна технологія дозволяє

забезпечити рівномірний розподіл поживних речовин і кисню, а також уникнути локальних відхилень умов.

Використання генетично модифікованих мікроорганізмів або адаптація природних штамів може значно підвищити продуктивність процесу. Наприклад, модифіковані бактерії *E. coli* використовуються для синтезу янтарної кислоти.

Сучасні досягнення та виробництво органічних кислот за допомогою мікроорганізмів в Україні

Українські науковці, зокрема Інститут мікробіології та вірусології НАН України, активно працюють над селекцією та генетичною модифікацією мікроорганізмів, здатних ефективно синтезувати органічні кислоти. Наприклад, розроблено штами *Aspergillus niger* для отримання лимонної кислоти з локальної сировини, такої як буряковий жом чи кукурудзяний крохмаль.

Значна увага приділяється переробці агропромислових відходів. Зокрема, в Україні тестуються технології отримання молочної кислоти з кукурудзяних стебел, відходів соняшника та інших сільськогосподарських залишків.

Українські стартапи та університетські лабораторії досліджують використання молочної кислоти для виробництва полілактиду (PLA) — біорозкладного пластику. Такий підхід є екологічною альтернативою традиційним нафтохімічним матеріалам.

Інновації спрямовані на створення замкнених циклів, де відходи одного виробництва стають сировиною для іншого. Наприклад, цукровий буряк використовується для отримання лимонної кислоти, а залишки після ферментації можуть бути перетворені на добрива або корм для тварин.

Хоча в Україні відсутні великі заводи для виробництва органічних кислот, малі підприємства займаються виготовленням лимонної та молочної кислоти для харчової промисловості. Зокрема, деякі компанії використовують вітчизняну сировину для зменшення залежності від імпорту.

Університети, такі як Національний університет біоресурсів і природокористування, Львівська політехніка та інші, проводять лабораторні експерименти з ферментації органічних кислот і навчають майбутніх фахівців біотехнології.

Деякі аграрні компанії в Україні інвестують у створення агротехнологічних парків, де органічні відходи переробляються у цінні продукти, включаючи органічні кислоти. Це сприяє розвитку циркулярної економіки.

Законодавчі зміни, спрямовані на зменшення пластикового забруднення, стимулюють розробку біорозкладних матеріалів. Як наслідок, виробництво молочної кислоти та інших кислот для створення біопластиків стає все більш актуальним.

Хід роботи

Для того, щоб зрозуміти, наскільки ефективно мікроорганізми перетворюють субстрат на продукт, що важливо для оптимізації технології необхідно розрахувати вихід продукту в процесі ферментації. Цей розрахунок допомагає при масштабуванні процесу з лабораторного до промислового рівня, щоб правильно оцінити необхідні ресурси для виробництва на великому масштабі.

$$Y_{p/x} = \frac{\text{Маса продукту (г)}}{\text{Маса субстрату (г)}}$$

Приклад:

Припустимо, в процесі ферментації 100 г глюкози було отримано 40 г молочної кислоти. Тоді розрахунок виходу молочної кислоти буде таким:

$$Y_{p/x} = \frac{40}{100} = 0,4 \text{ г}$$

Це означає, що з кожного грама глюкози було отримано 0,4 г молочної кислоти.

Вихідні дані

№	Маса продукту, г	Маса субстрату,г
1	100	30
2	150	54
3	120	67
4	80	34
5	90	24
6	200	89
7	350	46
8	210	121
9	213	234
10	456	14

Питання для самоконтролю:

1. Які органічні кислоти виробляються за допомогою мікроорганізмів, і де вони застосовуються?
2. Перерахуйте основні етапи процесу мікробного виробництва органічних кислот.
3. Які фактори впливають на ефективність ферментації органічних кислот?

4. Як Україна розвиває виробництво органічних кислот за допомогою мікроорганізмів і які інновації в цій галузі відзначаються?
5. Які переваги та недоліки мікробного виробництва органічних кислот порівняно з хімічними методами?

Практична робота № 7. Мікробіологічне очищення стічних вод: застосування біотехнологічних методів

Мета: ознайомитися з основами біологічного очищення стічних вод за допомогою мікроорганізмів, навчитися застосовувати біотехнологічні методи для зменшення органічних забруднень у стічних водах та оцінити ефективність процесу за допомогою вимірювання рівня забруднень до та після біологічного очищення.

Мікробіологічне очищення стічних вод є одним із найбільш ефективних і екологічно безпечних методів зменшення забруднення води, особливо для органічних речовин. Цей процес базується на використанні мікроорганізмів, таких як бактерії, гриби, водорості, що розкладають органічні сполуки, наявні у стічних водах, на простіші неорганічні речовини (наприклад, вуглекислий газ, воду та амоній).

Основні етапи мікробіологічного очищення:

1. Інокуляція мікроорганізмів — для розкладу органічних сполук у стічних водах використовуються спеціально підібрані штами мікроорганізмів, здатні до швидкого росту в умовах забруднення. Це можуть бути аеробні або анаеробні мікроорганізми в залежності від характеру стічних вод і необхідного методу очищення.

2. Очищення органічних забруднень — мікроорганізми використовують органічні сполуки, що містяться у стічних водах, як джерело енергії та вуглецю. Це призводить до розкладу органічних речовин і зменшення їх концентрації.
3. Контроль параметрів процесу — для досягнення максимального ефекту очищення необхідно контролювати кілька ключових факторів: температуру, рН середовища, рівень кисню та тривалість процесу.
4. Вимірювання ефективності очищення — після проходження ферментації або інокуляції мікроорганізмами проводиться аналіз стічних вод на вміст органічних речовин (наприклад, БСК5 - біохімічне споживання кисню за 5 діб).

Переваги мікробіологічного очищення:

- Біотехнологічний підхід є екологічно чистим, оскільки він не передбачає використання токсичних хімічних речовин.
- Мікроорганізми здатні швидко адаптуватися до умов забруднень і продовжувати розкладання органічних речовин.
- Біотехнологічні методи очищення часто є менш затратними, оскільки використовуються природні процеси.

Недоліки:

- Потрібно постійно контролювати умови для росту мікроорганізмів.
- Процес може займати більше часу, ніж хімічне очищення.
- Не всі мікроорганізми ефективні при дуже високих концентраціях токсичних речовин або при специфічних умовах.

Приклад застосування: У промисловості часто використовують біологічні очисні споруди, де органічні забруднення води зменшуються за допомогою мікробіологічних процесів. Наприклад, у виготовленні пива

або харчових продуктів, де відходи можуть містити значну кількість органічних речовин, ефективно застосовують мікроорганізми для очищення води перед її скиданням у природні водоймища.

Хід роботи

Оцінка ефективності мікробіологічного очищення стічних вод здійснюється за допомогою вимірювання рівня забруднень до та після біологічного процесу. Основними показниками, що використовуються для оцінки ефективності очищення, є концентрація органічних речовин, визначена за допомогою таких параметрів:

БСК5 (біохімічне споживання кисню за 5 діб) є одним з основних показників для оцінки органічного забруднення води. Це кількість кисню, який споживається мікроорганізмами для окислення органічних речовин за 5 діб при температурі 20°C.

- **До очищення:** Визначається рівень БСК5 у вихідних стічних водах. Високі значення БСК5 свідчать про значне органічне забруднення.
- **Після очищення:** Після біологічного очищення визначається нове значення БСК5. Якщо БСК5 зменшено, це свідчить про ефективність процесу очищення.

$$\text{Ефективність очищення (\%)} = \frac{\text{БСК до очищення} - \text{БСК після очищення}}{\text{БСК до очищення}} * 100$$

Вихідні дані

№	БСК до очищення	БСК після очищення
1	8	4
2	9	5
3	25	12
4	34	14
5	54	20
6	21	9
7	34	22
8	6	2
9	78	65
10	54	35

Питання для самоконтролю:

1. Які основні етапи мікробіологічного очищення стічних вод і яку роль відіграють мікроорганізми на кожному з етапів?
2. Як мікроорганізми використовують органічні сполуки у стічних водах і які речовини утворюються в результаті їх розкладу?
3. Які параметри потрібно контролювати для досягнення максимального ефекту в процесі мікробіологічного очищення стічних вод?
4. Як визначається ефективність мікробіологічного очищення стічних вод і який показник використовується для вимірювання рівня органічного забруднення води?
5. Які переваги та недоліки має мікробіологічне очищення стічних вод у порівнянні з хімічними методами очищення?

Практична робота № 8. Виробництво біопестицидів та їх застосування в сільському господарстві

Мета: Дослідити процес виробництва біопестицидів, їх види та застосування в сільському господарстві

Процес виробництва біопестицидів — це складний багатоступінчатий процес, який включає кілька етапів, від вибору сировини до отримання готового продукту, готового до використання в сільському господарстві. Біопестициди можуть бути різних типів, зокрема мікробні, рослинні чи ферментативні, і для кожного типу процеси можуть трохи відрізнятись, але загальні етапи є подібними.

1. Вибір сировини та активних компонентів

Першим етапом у виробництві біопестицидів є вибір мікроорганізмів або рослинних екстрактів, які володіють пестицидною активністю. Для мікробних біопестицидів це можуть бути штами бактерій, грибів чи вірусів, здатні паразитувати на шкідниках. Наприклад, один із найвідоміших мікробних біопестицидів — *Bacillus thuringiensis* — використовується для боротьби з комахами. Для рослинних біопестицидів сировиною можуть бути екстракти рослин, які містять природні інсектициди чи антифунгіцидні сполуки, наприклад, алкалоїди або ефірні олії.

2. Масове вирощування мікроорганізмів

У разі мікробних біопестицидів наступним етапом є вирощування обраних мікроорганізмів. Для цього використовують спеціалізовані середовища, багаті на поживні речовини, що стимулюють швидкий ріст та розмноження мікроорганізмів. Вирощування зазвичай проводиться в біореакторах — великих резервуарах, де

контролюються температура, вологість, рН і рівень кисню, необхідні для оптимального росту. Процес може займати від кількох годин до кількох діб, залежно від типу мікроорганізму і умов вирощування.

3. Ферментація та отримання біоактивних продуктів

На цьому етапі мікроорганізми розкладають органічні сполуки в середовищі, і в результаті процесу ферментації утворюються біоактивні речовини, які й будуть основною активною складовою біопестициду. Це можуть бути токсини, які виділяються певними бактеріями або грибами, або ензими, що руйнують органічні сполуки, важливі для життєдіяльності шкідників. Важливою частиною є контроль за ферментаційним процесом для забезпечення необхідної кількості активних компонентів.

4. Очищення та стандартизація

Після того, як ферментація завершена, отриманий продукт зазвичай містить не тільки бажані біоактивні речовини, але й домішки, тому його необхідно очистити. Очищення включає видалення надлишкових культурних залишків і непотрібних сполук. Це може бути здійснено за допомогою фільтрації, центрифугування або інших методів, що дозволяють виділити чисті біоактивні компоненти. Також на цьому етапі проводиться стандартизація продукту, що означає вимірювання концентрації активних компонентів і коригування його до необхідного рівня, щоб продукт відповідав встановленим нормам.

5. Формулювання та виготовлення готового продукту

Наступний етап — це підготовка біопестициду до використання в сільському господарстві. Це може включати виготовлення різних форм продукту: порошків, рідин, гранул

або аерозолів, в залежності від того, як зручніше буде застосовувати пестицид у польових умовах. У цьому процесі активні компоненти змішуються з допоміжними речовинами, такими як стабілізатори, розчинники, носії та інші добавки, що забезпечують зручність застосування та збільшують ефективність продукту.

6. Тестування якості та ефективності

Після виготовлення біопестицид проходить кілька етапів тестування на якість та ефективність. Це включає перевірку на стабільність активних компонентів, їх токсичність для шкідників, а також безпеку для навколишнього середовища, рослин і тварин. Продукти, які не відповідають стандартам, відправляються на додаткове очищення або переробку.

7. Упаковка та маркетинг

Останнім етапом є упаковка готового продукту та його підготовка до продажу. Упаковка повинна забезпечити збереження всіх властивостей біопестициду, захистити від зовнішніх чинників (сонячного світла, вологи) і бути зручною для використання кінцевим споживачем. Біопестициди можуть бути розфасовані в пластикові контейнери, пакети або банки в залежності від форми продукту та вимог ринку.

8. Застосування в сільському господарстві

Після того як біопестициди потрапляють на ринок, вони використовуються в сільському господарстві для боротьби з шкідниками. Їх застосовують у вигляді обприскувань, поливів або додавання до ґрунту. Зазначимо, що біопестициди мають перевагу у використанні при органічному землеробстві та екологічно чистому садівництві, де використання хімічних пестицидів обмежено.

Види біопестицидів:

1. Мікробні біопестициди

Мікробні біопестициди містять живі організми або їхні продукти метаболізму, здатні знищувати шкідників або пригнічувати їхню активність.

- **Бактеріальні біопестициди** — це біопестициди на основі бактерій, які використовуються для боротьби з комахами та іншими шкідниками. Одним із найвідоміших є *Bacillus thuringiensis*, бактерія, яка виробляє токсини, що знищують комах-шкідників, зокрема лускокрилих. Цей препарат застосовують для боротьби з гусінню, що пошкоджує листя та плоди різних сільськогосподарських культур.
- **Грибкові біопестициди** — містять спори або метаболіти грибів, які паразитують на шкідниках. Наприклад, гриб *Beauveria bassiana* використовується для боротьби з комахами, такими як совки, тлі або кліщі. Цей гриб проникає через шкіру комахи і вбиває її. Грибкові біопестициди є дуже ефективними проти шкідників, яких важко контролювати іншими методами.
- **Вірусні біопестициди** — це віруси, які спричиняють захворювання у шкідників, наприклад, віруси групи *Nucleopolyhedrovirus*, які уражають різні види комах. Вірусні біопестициди можуть бути дуже специфічними, що означає, що вони не шкодять корисним комахам, таким як бджоли чи джмелі.

2. Рослинні біопестициди

Рослинні біопестициди виготовляються на основі рослинних екстрактів, які містять природні токсичні або захисні сполуки. Вони можуть бути дуже ефективними для боротьби з певними групами шкідників або хвороб.

- **Нікотинові біопестициди** — отримані з рослини тютюну, містять нікотин, який є отруйним для багатьох видів комах. Ці біопестициди застосовуються для боротьби з тлею, листовійками та іншими шкідниками.
- **Екстракти часнику та перцю** — деякі рослини, такі як часник і перець, містять природні інсектициди, які допомагають відлякувати або вбивати комах. Ці екстракти можуть застосовуватися як для боротьби з комахами, так і для запобігання розвитку грибкових захворювань.
- **Рослинні олії та смоли** — деякі рослинні олії (наприклад, олія чайного дерева) та смоли містять компоненти, що мають інсектицидні або фунгіцидні властивості. Вони можуть бути використані для обробки листя, зокрема від шкідників, таких як попелиці, кліщі чи білокрилки.

3. Ферментативні біопестициди

Ці біопестициди містять ферменти, які руйнують клітинні стінки або інші важливі компоненти організмів-шкідників. Вони можуть бути ефективними для боротьби з певними видами рослинних паразитів або грибковими інфекціями.

- **Ферменти проти грибкових захворювань** — деякі біопестициди містять ферменти, які руйнують клітинні стінки грибів, таких як *Chitinase* або *Glucanase*. Ці ферменти застосовуються для боротьби з патогенними грибами, які викликають хвороби рослин, наприклад, борошнистою россою чи іржею.

4. Природні інсектициди

Ці пестициди на основі природних сполук допомагають боротися з комахами без використання токсичних хімікатів. Вони можуть бути отримані з екстрактів різних рослин або комах.

- **Піретринові біопестициди** — екстракти з квітів ромашки або піретруму, які мають інсектицидні властивості. Піретрин може знищувати широкий спектр комах-шкідників, таких як мухи, комарі, комахи, що поїдають листя, та інші шкідники. Це один із найбільш відомих природних інсектицидів.

Застосування біопестицидів у сільському господарстві

1. **Екологічність** — вони не забруднюють навколишнє середовище та не залишають токсичних залишків у ґрунті чи на продуктах.
2. **Безпека для корисних організмів** — біопестициди часто є специфічними, що дозволяє захищати корисних комах, таких як бджоли, а також не шкодити природним екосистемам.
3. **Стійкість до хімічних пестицидів** — біопестициди можуть бути ефективними проти шкідників, які вже стали стійкими до хімічних пестицидів.
4. **Сумісність з органічним землеробством** — біопестициди є основним інструментом у органічному землеробстві, де використання хімічних пестицидів заборонене.

Питання для самоконтролю:

1. Які основні етапи виробництва біопестицидів?
2. Чим відрізняються мікробні, рослинні та ферментативні біопестициди?
3. Які види мікробних біопестицидів використовуються для боротьби з комахами і шкідниками?
4. Як ферментація впливає на отримання активних компонентів у біопестицидах?
5. Які переваги та недоліки використання біопестицидів у сільському господарстві?

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Базова література:

1. Слободян В. О. Основи біотехнології : навчальний посібник. Івано-Франківськ : Вид-во ІМЕ, 2002. 188 с.
2. Мусієнко М. М., Панюта О. О. Біотехнологія рослин. Київ : Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2005. 114 с.
3. Глібов В. О. Біопестициди в сучасному сільському господарстві. Київ : Аграрна наука, 2019. С. 45–72.
4. Гончарук В. В. Мікробіологічні методи очищення стічних вод. Київ : Видавництво «Наукова думка», 2018. С. 98–134.
5. Мельник А. П., Сидоренко В. М. Біотехнологія виробництва органічних кислот. Київ : Видавництво «Аграрна освіта», 2019. С. 36–72.
6. Кравченко Н. О., Лісовенко О. В. Біодеградація синтетичних полімерів: екологічний аспект. Київ : Видавництво «Екологія», 2018. 220 с.
7. Гордієнко П. М., Шевчук А. М. Біотехнології для вирішення проблеми пластикового забруднення. Харків : Вид-во ХНУ, 2019. 250 с.
8. Демиденко В. П., Остапчук М. Г. Енергетичні культури: основи вирощування та використання. Київ : Агропромвидав, 2020. 280 с.
9. Коваль Н. В., Сидоренко О. А. Біоенергетичні рослини: досвід і перспективи. Львів : Вид-во ЛНУ, 2019. 300 с.
10. Козак В. М., Грищенко П. С. Технології біопалива. Харків : Видавництво ХНУ, 2020. 310 с.
11. Кравець О. М., Гончаренко Т. В. Біотехнологічні інновації в сільському господарстві: їстівні вакцини. Київ : Видавництво «Наука і освіта», 2019. 200 с.

12. Сидоренко А. В., Коломієць Ю. Г. Їстівні вакцини: інновації на перетині біології та медицини / А. В. Сидоренко, Ю. Г. Коломієць. Харків : Видавництво ХНУ, 2020. 250 с.

13. Resh H. M. Hydroponic Food Production: A Definitive Guidebook / 8th ed. Boca Raton : CRC Press, 2020. 600 p.

Допоміжна література:

1. Галяс В. Л., Колотницький А. Г. Біохімічний і біотехнологічний словник. Львів : Оріяна, 2006. 468 с.

2. Гвоздяк П. І. 50 запитань і 49 відповідей з нової біотехнології очистки води. Київ : Знання, 1990. 28 с.

3. Юлевич О. І., Ковтун, С. І. Біотехнологія Миколаїв : МДАУ, 2012. 476 с.

4. Коваленко О. М., Савчук Л. М. Екологічні аспекти застосування біопестицидів. Львів : Видавничий дім «Наука і технології», 2020. 150 с.

5. Іваненко П. В., Грищенко Т. В. Біотехнології в екологічній інженерії. Харків : Вид-во ХНУ, 2017. 320 с.

6. Ковальчук Ю. В., Шевченко О. М. Промислова мікробіологія. Львів : Вид-во «Львівська політехніка», 2020. 310 с.

7. Shah A. A., Hasan F. Biodegradation of Plastics: Microbial and Molecular Perspectives. New York : Springer, 2020. 320 p.

8. Sims R. E. H., Hastings A. Bioenergy and Renewable Resources: A Plant-Based Perspective. Oxford: Oxford University Press, 2018. 400 p.

9. Walmsley A. M., Arntzen C. J. Edible Vaccines: Innovation in Agriculture and Medicine. New York : Springer, 2018. 320 p.

10. Іванченко П. О., Таран В. В. Гідропоніка: сучасні технології у вирощуванні рослин. Київ : Видавництво «АгроПрогрес», 2017. 280 с.