

Міністерство освіти і науки України  
Кіровоградський національний технічний університет  
Кафедра загального землеробства

# Фізіологія рослин з основами біохімії

## Частина II

**Методичні вказівки до проведення лабораторних робіт з фізіології рослин з основами біохімії згідно вимог кредитно модульної системи навчання для студентів напряму підготовки 090101 – Агрономія**

Кіровоград, 2015

Міністерство освіти і науки України  
Кіровоградський національний технічний університет  
Кафедра загального землеробства

## Фізіологія рослин з основами біохімії

### Частина II

**Методичні вказівки до проведення лабораторних робіт з фізіології рослин з основами біохімії згідно вимог кредитно модульної системи навчання для студентів напряму підготовки 090101 – Агрономія**

Затверджено на засіданні кафедри загального землеробства. Протокол № 12 від 4.06. 2015 р.

Кіровоград, 2015

Фізіологія рослин з основами біохімії для студентів спеціальності 090101 – Агрономія / Укладачі: доцент **Мостіпан М.І.**, асистент **Корнічева Г.І.**  
Кіровоград: КНТУ, 2015. – 45 с.

Рецензент: кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри загального землеробства **Кулик Г.А.**

## Зміст

|                                                                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Вступ</b>                                                                                                | 5  |
| <b>Модуль IV</b>                                                                                            |    |
| <b>Дихання у рослин</b>                                                                                     | 7  |
| Лабораторна робота № 10. Втрата сухої речовини при проростанні насіння                                      | 11 |
| Лабораторна робота № 11. Визначення об'єму кореневої системи рослин                                         | 18 |
| <b>Синтез, перетворення та переміщення органічних речовин у рослинах</b>                                    | 19 |
| Лабораторна робота № 12. Кислотний гідроліз крохмалю                                                        | 25 |
| <b>Модуль V</b>                                                                                             |    |
| <b>Ріст рослин</b>                                                                                          | 26 |
| Лабораторна робота № 13. Визначення ритміки росту пагонів                                                   | 30 |
| Лабораторна робота № 14. Визначення життєздатності насіння за допомогою анілінових барвників                | 31 |
| <b>Розвиток рослин</b>                                                                                      | 32 |
| Лабораторна робота № 15. Спостереження за геотропічною реакцією рослин                                      | 35 |
| <b>Модуль VI</b>                                                                                            |    |
| <b>Пристосування і стійкість рослин</b>                                                                     | 36 |
| Лабораторна робота № 16. Визначення жаростійкості рослин (за методом Мацкова)                               | 39 |
| Лабораторна робота № 17. Захисний вплив цукру на коагуляцію білків цитоплазми під дією низьких температур   | 40 |
| Лабораторна робота № 18. Визначення життєздатності озимих зернових культур за допомогою вітальних барвників | 41 |
| <b>Запитання для екзаменаційних тестів</b>                                                                  | 42 |
| <b>Рекомендована література</b>                                                                             | 45 |

## Вступ

Фізіологія рослин – це наука, яка вивчає функціональну активність рослинних організмів та механізми окремих функцій рослинних систем різних рівнів організації їх – від субклітинних структур до багатоклітинних цілісних рослин. Тому предметом фізіології є функції живих рослинних організмів, їхніх органів, тканин, клітин та надклітинних компонентів, а також причини тих або інших проявів їхньої життєдіяльності. Метою фізіології рослин є пізнання закономірностей життєвих функцій рослин та розкриття їхніх механізмів, формування уявлення про структурно-функціональну організацію рослинних систем різних рівнів.

Живим системам, в тому числі рослинному організму, притаманна вища форма цілісності, нерозривний зв'язок та взаємозумовленість складових його компонентів. Одним із проявів цілісності є те, що незважаючи на велике значення кожної окремої функції, життєдіяльність організму в цілому залежить від того, яким чином конкретна функція пов'язана з іншими, і як ці співвідношення змінюються зі зміною умов навколишнього середовища.

Виняткова складність хімічного складу, морфологічної будови, тісний взаємозв'язок структури і функції, залежність процесів обміну речовин від стану структур, динамічність останніх – такі специфічні властивості об'єкта досліджень фізіології рослин. Проблеми та завдання фізіології рослин настільки широкі та складні, що вирішення їх потребує застосування цілого комплексу тонких фізико-хімічних методів, різноманітних експериментальних та теоретичних підходів. Саме тому ця дисципліна входить у ранг точних фундаментальних наук.

Важливим аспектом фізіології рослин є також практична направленість її досліджень, завдяки чому ця наука цілком обґрунтовано вважається теоретичною основою раціонального землеробства та біотехнології рослин.

Входячи до циклу ботанічних дисциплін, фізіологія рослин має тісні взаємозв'язки з біохімією, біофізикою, імунологією, генетикою, математичним моделюванням, найтісніше пов'язана з фізіологією тварин. Адже якщо рослини та тварини, як і все живе, походять від одного кореня, то все живе повинно володіти певними спільними рисами, як наприклад, дихання, живлення, подразливість, самовідтворення тощо. У зв'язку з цим ми будемо, по можливості, постійно підкреслювати загальнобіологічні закономірності та шукати взаємозв'язки між окремими фізіологічними явищами.

Щоб пізнати життя рослини, слід насамперед проаналізувати всі окремі прояви її життєдіяльності, детально вивчити ті фізичні та хімічні явища, які лежать в основі життєвих процесів. Цьому служить аналітичний метод дослідження. Однак, пізнавши окремі складові частини, фізіолог повинен відновити картину життєдіяльності рослинного організму як єдиного цілого. Тому за аналітичним методом слід застосовувати синтетичний метод. Використовуючи цей метод, потрібно врахувати особливості перебігу різних життєвих процесів у різних конкретних видів та сортів рослин, залежність їх від умов навколишнього середовища.

Впровадження синтетичного методу поряд із загальною фізіологією привело до виникнення фізіології окремих культур, прикладної фізіології. Однак фізіолог для свого синтезу (експериментального або логічного) не може задовольнитися лише аналізом життєвих явищ, він повинен знати історію розвитку організмів. Тому поряд з експериментальним порівняльним методом фізіолог повинен використати як доповнення історичний метод.

Як відомо, причину завершеності (досконалості) органічних форм пояснює еволюційна теорія. Тому в даний час ми стаємо свідками посилення зв'язків з еволюційним вченням та виділенням перспективного розділу – еволюційної фізіології. Вона вивчає розвиток пристосувальних реакцій в онтогенезі при зміні умов навколишнього середовища, а також історичний розвиток самого онтогенезу, тобто функції і структур, загального метаболізму та окремих ланок його в рослині. Іншими словами, вивчення функціональних пристосувань в онто- та філогенезі – найбільш загальне завдання еволюційної фізіології.

Фізіологія рослин, як підкреслював К. А. Тімірязєв, вивчає перетворення речовини, енергії та форми у рослин. Однак тепер, коли успішно розвивається загальна теорія регуляції складних систем і багато чого з'ясовано в області саморегуляції рослинних організмів, до цієї тріади слід додати вивчення перетворення інформації, оскільки всі особливості і потенційні можливості рослини, що формуються в процесі росту і розвитку, матеріалізуються генетичним апаратом лише при асиміляції речовини, енергії та інформації з навколишнього середовища. Саме навколишнє середовище виступає як фактор, який сприяє перетворенню потенційних можливостей геному в специфічні процеси онтогенезу. В цьому ми вбачаємо діалектичну єдність між вміщеною в геномі клітин інформацією та тією, що надходить зовні.

В методичних рекомендаціях приводиться короткий конспект лекцій по всіх темах з фізіології рослин з основами біохімії. Головна їх мета полягає в тому, щоб надати допомогу студентам при підготовці до виконання лабораторних робіт. Після кожної теми приводиться перелік контрольних запитань, які необхідні для самоконтролю знань по засвоєнню тієї чи іншої теми. Усі лабораторні роботи поділено на три модулі. Кожен модуль оцінюється певною кількістю балів, яка вказана у таблиці 1.

Таблиця 1

| Модуль | IV | V  | VI |
|--------|----|----|----|
| Бали   | 40 | 30 | 30 |

## Модуль IV

### Тема: Дихання у рослин

У рослинах поряд із процесами синтезу органічних сполук протікають процеси в яких останні розпадаються до простих мінеральних речовин і виділяється енергія. Ці процеси пов'язані із поглинанням тканинами рослин кисню повітря і виділенням вуглекислоти. Тобто газообмін між клітинами рослин і зовнішнім середовищем прямопротилежний газообміну при фотосинтезі. Сукупність процесів перетворення органічних речовин, що протікають за участю вільного кисню і при яких виділяється енергія, називається диханням рослин.

Дихання це біологічне окислення органічних сполук із поглинанням кисню і виділенням  $\text{CO}_2$ . Дихання є обов'язковою умовою життя рослин. Воно забезпечує не лише їх енергією, а цілим комплексом життєво необхідних сполук.

Головними субстратами дихання є вуглеводи. Проте, рослини здатні окислювати також жири, білки та інші органічні сполуки. Процес дихання відбувається в мітохондріях клітин.

Враховуючи те, що вуглеводи виступають головними субстратами процесу дихання його можна виразити наступним рівнянням:

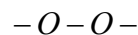


Процес біологічного окислення є поетапним, але згідно законів термодинаміки загальна кількість енергії в будь-якому процесі, при якому виділяється енергія, не змінюється від кількості проміжних етапів і їх енергетичного рівня. Результати досліджень показують, що при окисленні білків і жирів виділяється значно більше енергії, ніж вуглеводів. Так, при окисленні 1 г вуглеводів виділяється 17 кДж, а 1 г жирів – 39 кДж енергії.

Процес дихання у рослин впливає не лише на накопичення сухих речовин, а і може приводити до зменшення їх ваги у зв'язку з витратою гексоз, виділенням  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  і енергії. В деяких умовах зменшення ваги рослин може досягати значних розмірів. Так, згідно результатів досліджень, маса зерна пшениці може зменшуватися на 57 %, а гороху – на 52 %.

Сучасна уява про біохімічні реакції при диханні рослин є подальшим розвитком ідей видатних біохіміків Паладіна, Баха та Костичева.

Згідно перекисної теорії активації молекулярного кисню, ненасичені органічні сполуки при взаємодії з киснем повітря сприяють розриву одного зв'язку в його молекулі, внаслідок чого він є активним.



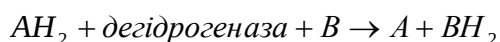
*Молекулярний кисень*

*Активний кисень*

Активний кисень при взаємодії з окислюваною сполукою створює перекис, за рахунок якої можуть окислюватися інші речовини. При біологічному окисленні поряд з активацією кисню відбувається також активація субстрату. Тому всі ферменти, що приймають участь в біохімічних реакціях при диханні класифікують на три групи.

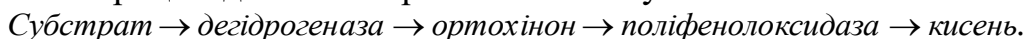
Ферменти – дегідрогенази. Їх головна роль полягає в активації водню

субстрата і передачі його на акцептор. В цілому схему дії дегідрогеназ можна виразити наступним рівнянням:



За характером дії дегідрогенази ділять на аеробні і анаеробні. Перші здатні активувати водень субстрату і переносити його безпосередньо на молекулярний кисень повітря, другі – на проміжний акцептор, яким може бути зо аеробна дегідрогеназа або ж оксидаза. Всі дегідрогенази є двокомпонентними ферментами і при цьому їх активність та специфічність дії визначається природою білкового носія. За характером простетичних груп всі дегідрогенази ділять на пірідінові та аллоксазинові.

Ферменти оксидази. Вони активують кисень повітря та діють на кінцевому етапі біологічного окислення. До них належать ферменти, що містять мідь (поліфенолоксидази) і залізо (цитохромоксидази) та цитохромна система рослин. Активність поліфенолоксидаз прямопропорційна вмісту міді. Участь їх в процесі дихання виражається наступною схемою:



Поліфенолоксидази вважаються досить специфічними по відношенню до субстрату.

Група цитохромів включає цитохром а, цитохром в, цитохром с і цитохром d. Залізо в цитохромах може переходити із двовалентного стану в трьохвалентне і навпаки. В цьому полягає його каталітична роль.

В рослинах, крім дегідрогеназ і оксидаз існує багаточисельна група проміжних ферментів, які по своїй хімічній природі відносяться до флавінів. Це двокомпонентні ферменти в яких білок з'єднаний з розчинним коферментом похідним вітаміну В<sub>2</sub>. Найбільш поширеними є флавінмононуклеотид і флавінаденіндинуклеотид.

Дихання відбувається у мітохондріях клітин і є складним окисно-відновним процесом. Його суть полягає у перетворенні хімічної природи органічних сполук і використанні заключеної в них енергії.

Процес дихання згідно сучасних уявлень складається з двох етапів. Початковий етап – анаеробне дихання, під час якого субстрат розкладається до простих продуктів типу піровиноградної кислоти. На другому етапі відбувається перетворення піровиноградної кислоти і залежно від умов зовнішнього середовища може проходити двома шляхами: аеробним до кінцевих продуктів CO<sub>2</sub> і H<sub>2</sub>O або ж анаеробним по типу бродіння.

Вищенаведена схема дихання у рослин вперше була розроблена Костичевим і отримала назву генетичного зв'язку дихання і бродіння. В основі теорії лежать положення про те, що дві фізіологічні функції дихання і бродіння не розділені, а безпосередньо зв'язані між собою. Початкова фаза перетворення вуглеводів – анаеробний розпад молекули глюкози є однаковим як для бродіння так і для аеробного дихання. Шляхи цих процесів розходяться пізніше, на етапі синтезу в клітинах піровиноградної кислоти.

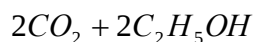
Загальну схему дихання рослин можна представити наступним чином:

## Вуглеводи $C_6H_{12}O_6$

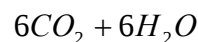
### Проміжні продукти

#### $CH_3COOH$ – піровиноградна кислота

Анаеробний шлях – бродіння



Аеробний шлях



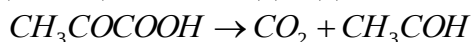
Л.Пастер вперше встановив, що зелені рослини не перестають виділяти вуглекислоти навіть в умовах без доступу кисню. В даному випадку дихання рослин відбувається по типу бродіння. Дихання рослин за рахунок зв'язаного кисню називається інтрамолекулярним. Воно проходить згідно наступного рівняння:



Життя зелених рослин при такому диханні довго продовжуватися не може. Причинами смерті можуть бути як низький енергетичний вихід, так і отруєння сполуками, що виникають в результаті нього.

В рослинах може проходити декілька типів бродіння і їх тип визначається кінцевими акцепторами водню. Слід відзначити, що при аеробному диханні таким акцептором виступає кисень повітря, а при інтрамолекулярному інші сполуки, що виникають під час бродіння.

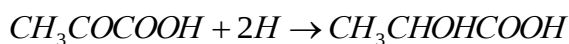
При спиртовому бродінні кінцевими сполуками є етиловий спирт і  $CO_2$ . Спочатку піровиноградна кислота відщеплює вуглекислоту і кінцевим продуктом реакції є оцтовий альдегід.



Оцтовий альдегід в свою чергу відновлюється воднем і синтезується етиловий спирт.



При молочнокислому бродінні піровиноградна кислота відновлюється до молочної кислоти:



В разі маслянокислого бродіння вуглеводи розкладаються до масляної кислоти у відповідності із рівнянням:



При аеробному диханні, яке властиве всім організмам в тому числі і зеленим рослинам, піровиноградна кислота повністю окислюється до простих мінеральних малоенергоємких речовин води і вуглекислоти. Це відбувається в циклі специфічних біохімічних реакцій, послідовність яких вперше була встановлена американським вченим Кребсом і тому отримала назву циклу Кребса або циклу трикарбонових кислот. Цикл Кребса має наступну послідовність перетворення трикарбонових кислот: піровиноградна кислота оцтова кислота лимонна кислота ізолимонна кислота щавелевоянтарна кислота кетоглютарова кислота янтарна кислота фумарова кислота яблучна кислота щавелевооцтова

кислота. Вона взаємодіє з оцтовою кислотою і розпочинається новий цикл.

З кожним повним циклом одна молекула піровиноградної кислоти окислюється до трьох молекул  $\text{CO}_2$  і двох  $\text{H}_2\text{O}$  і поглинається при цьому 5 атомів кисню:



Враховуючи те, що із однієї молекули глюкози виникають дві молекули  $\text{CH}_3\text{COCOON}$ , то при їх повному окисненні виділяється шість молекул  $\text{CO}_2$  і чотири молекули  $\text{H}_2\text{O}$ . Дві молекули води, як відомо, виникають на анаеробному етапі.

У вищих зелених рослин поряд з окисненням вуглеводів в циклі Кребса проходить і так званий пентозофосфатний цикл. Суть його полягає в тому, що із шести молекул гексоз, які входять в цикл, п'ять молекул регенерується а одна окислюється звичайним шляхом до кінцевих продуктів води і вуглекислоти.

Загальне схематичне рівняння аеробного окислення глюкози в пентозофосфатному циклі має наступний вигляд:



Пентозофосфатний цикл є головним джерелом в клітинах пентоз, які використовуються для синтезу нуклеїнових кислот. В даному циклі синтезується також рибульоза – акцептор  $\text{CO}_2$  при фотосинтезі.

Енергетичний вихід пентозофосфатного циклу такий же самий як і циклу Кребса, проте в клітинах ще додатково синтезуються 5 молекул гексозофосфат.

Порівнюючи вихід енергії при аеробному і анаеробному (бродинні) диханні потрібно відзначити, що в останньому він значно менший і тому бродиння є менш вигідним для рослин.

Аеробне дихання:



Бродіння:

Спиртове:



Молочнокисле:



Маслянокисле:



Як видно із наведених рівнянь, субстрат при аеробному диханні витрачається більш економно і для отримання такої ж кількості енергії, як і при анаеробному, необхідно затратити значно менше субстрату.

При повному окисненні однієї молекули піровиноградної кислоти в клітині синтезується 15 молекул АТФ, а так як із однієї гексози виникає дві молекули піровиноградної кислоти, то в цілому створюється 30 молекул АТФ. З урахуванням анаеробної фази в клітинах із однієї молекули глюкози синтезується 38 молекул АТФ в яких накопичується 1596 кДж енергії. Решта енергії  $2867 - 1596 = 1271$  кДж виділяється клітинами у вигляді тепла, що сприяє підвищенню швидкості біохімічних реакцій.

Хімічна енергія, що накопичена в АТФ використовується клітинами для

синтетичних процесів, росту і розвитку, поглинання мінеральних та органічних речовин та інших фізіологічних процесів.

Інтенсивність дихання можна визначати як шляхом визначення кількості кисню, що поглинається, або ж вуглекислоти, що виділяється клітинами в процесі дихання. Тому, інтенсивність дихання можна визначити як кількість  $\text{CO}_2$ , що виділяється одиницею маси рослин за 1 годину. На інтенсивність дихання впливають температура, вміст води в клітинах, світло, аерація та інші фактори.

Нижній температурний поріг дихання рослин лежить значно нижче  $0^\circ \text{C}$ . Бруньки дерев можуть дихати навіть при температурі  $20-25^\circ \text{C}$  морозу. Інтенсивність дихання швидко зростає при підвищенні температури до  $40^\circ \text{C}$ , а після  $50^\circ \text{C}$  інтенсивність дихання знижується і рослини гинуть.

Між вмістом води в клітинах і інтенсивністю дихання немає прямої залежності. Проте, зниження вологості листків у рослин веде до зростання інтенсивності дихання. Насіння, навпаки, при вологості 10-14% має невисоку інтенсивність дихання, а при підвищеній вологості дихання різко зростає. Цю закономірність обов'язково враховують при зберіганні зерна сільськогосподарських культур.

Вплив світла на інтенсивність дихання насамперед пов'язано із підвищенням температури вегетативних органів. Крім цього, світло впливає на інтенсивність дихання через накопичення сполук, що виступають субстратом для дихання.

Із газів, що входять в склад повітря, безпосереднє відношення до процесу дихання рослин має кисень. Вміст його в повітрі залишається майже незмінним (21%). Незначні коливання, що виникають, не можуть суттєво вплинути на інтенсивність дихання. Відносно концентрації кисню, при якій відмічається зниження інтенсивності дихання, то вона неоднакова для різних рослин. Так, зниження інтенсивності дихання у моркви спостерігається при концентрації кисню 7 %, картоплі та буряків – 15%, пшениці – 12,6-14,4 %. Нетривале перебування рослин в анаеробних умовах не викликає суттєвих змін в ході біохімічних реакцій при диханні рослин.

## **Лабораторна робота № 10**

### **Втрата сухої речовини при проростанні насіння**

Мета роботи: навчитися визначати втрату сухої речовини насінням сільськогосподарських культур при їх проростанні.

Матеріали та обладнання: насіння сільськогосподарських культур, ваги, сушильна шафа, ексікатор, фільтрувальний папір, бюкси.

Пояснення. Дихання рослин пов'язано з біологічним окисленням різних органічних сполук. Внаслідок цього вага рослин може зменшуватись, особливо це відмічається при зберіганні сільськогосподарської продукції та проростанні насіння. В деяких випадках, втрату сухої речовини, розцінюють як інтенсивність дихання. Найбільш зручним об'єктом для визначення кількості витрачених органічних сполук в процесі дихання є проросле насіння. Пророщення насіння ведуть на вологій стружці в темряві, щоб виключити як ґрунтове, так і повітряне живлення. Через відповідний проміжок часу

проростки висушують і зважують. Для визначення вихідної кількості сухих речовин використовують другу порцію такого ж насіння, так як сушіння його при високих температурах приводить до загибелі зародку і насіння стає несхожим.

### Хід роботи.

Відібрати два зразки по 100 насінин у кожному. Один зразок насіння закласти на проростання у вологу стружку і поставити у темряву. Через 5-6 днів проростки дістати із стружки, ретельно промити водою і визначити в них вміст сухих речовин шляхом висушування при температурі 105°C в сушильній шафі.

У другому зразку таким же чином визначити вміст сухих речовин. Різниця між кількістю сухих речовин у другому і першому зразках буде свідчити про – кількість сухих речовин витрачених насінням в процесі дихання при його проростанні.

Отримані результати занести до таблиці 2.

Таблиця 2

Результати визначення втрати сухих речовин при проростанні насіння

| Вага 100 зерен, г |                 | Вміст води у насінні, г | Вага 100 проростків, г |                 | Вміст води у проростках, г | Зменшення сухих речовин |                                 |
|-------------------|-----------------|-------------------------|------------------------|-----------------|----------------------------|-------------------------|---------------------------------|
| повітряно сухих   | абсолютно сухих |                         | сирих                  | абсолютно сухих |                            | На 100 зерен, г         | в % від вихідної ваги за 1 добу |

**Завдання:** визначити втрату сухих речовин насінням різних сільськогосподарських культур при його проростанні.

### Контрольні запитання:

1. Обґрунтуйте зменшення ваги сухих речовин в процесі проростання насіння.
2. Що таке анаеробне дихання?
3. Які ферменти активують кисень повітря?
4. Чому відбувається втрата сухих речовин при проростанні насіння?
5. Як впливають фактори зовнішнього середовища на дихання рослин?
6. Розкрийте взаємозв'язок впливу температури повітря і вологості насіння на інтенсивність дихання.
7. Хімічний аналіз пророщеного в темряві насіння вики показав, що за 30 днів вміст крохмалю в проростках зменшився із 36 до 2 %, тоді як вміст розчинних вуглеводів зріс з 5 до 6 %. Чим це пояснити?
8. Обґрунтуйте чому інтенсивність дихання різко зростає при збільшенні вмісту  $O_2$  від 1 до 5-6%, а при подальшому підвищенні вмісту  $O_2$  інтенсивність дихання майже не змінюється.

### Запитання для самостійної роботи:

1. Біологічне значення дихання в житті рослин.
2. Аеробне дихання у рослин.
3. Анаеробне дихання у рослин.
4. Енергетика дихання.
5. Ферментні системи дихання рослин.

6. Вплив зовнішніх умов на інтенсивність дихання.
7. Пентозофосфатний цикл при диханні рослин.

### **Тема: Мінеральне живлення рослин**

Мінеральні речовини є необхідною складовою частиною рослин. Для визначення елементарного хімічного складу рослин їх необхідно спалити. При спалюванні вуглець, водень, кисень і азот вивітрюються і залишається остаток, який називається золою.

Кількість золи, як в різних органах, так і в різні періоди росту і розвитку рослин неоднакова. Вміст її також залежить від біологічних властивостей рослин і ґрунтово-кліматичних умов. Найбільша кількість золи в листках – 10-15 %, корі – близько 7%, стеблах – 4-5 %, насінні – 3 % і найменше в деревині – 1 %.

Елементи які входять в склад золи називаються зольними. Всі хімічні елементи, що входять в склад рослин залежно від їх вмісту класифікують на три групи:

- макроелементи складають від 10 до 0,01 %. До них належать вуглець, водень, кисень, азот, кремній, калій, кальцій, сірка, магній, натрій, алюміній;
- мікроелементи входять до складу рослин в кількості від 0,001 до 0,00001%.

Це марганець, бор, стронцій, мідь, бром, фтор, олово, нікель, титан, рубідій, залізо, барій, молібден, кобальт, йод і хлор;

- ультрамікроелементи ( $10^{-6}$ - $10^{-12}\%$ ), до яких відносяться миш'як, германій, свинець, золото, радій, ртуть, сrebro, літій.

Хімічний склад золи не дає відповіді на питання, чи всі елементи, що виявлені в золі необхідні для нормального росту і розвитку рослин. Щоб встановити, які елементи необхідні рослинам їх вирощують без ґрунту на водяних розчинах тих чи інших солей.

Коренева система рослин виконує ряд функцій : служить головним органом поглинання речовин і води з ґрунту, синтезує деякі органічні речовини, що містять азот, фосфор і сірку, досить часто є сховищем запасних речовин і виконує механічну функцію. Першим етапом засвоєння мінеральних речовин є пасивне їх поглинання шляхом дифузії в так званий “вільний простір” клітини. Це об'єм клітини в який іони або ж молекули речовин проникають шляхом вільної дифузії до тих пір, поки їх концентрація у “вільному просторі” не урівняється із концентрацією зовнішнього розчину. Результати досліджень показують, що у корневих волосках ячменю на вільний простір припадає близько 5 % об'єму клітини.

Наступним етапом є адсорбція молекул та іонів і активне їх проникнення в цитоплазму шляхом обміну іонів на  $H^+$  і  $HCO_3^-$ , що виділяються при диханні клітини на аніони, та катіони ґрунту. В глибокі шари протоплазми адсорбовані іони та молекули проникають за допомогою речовин – переносників, де вони і включаються в метаболізм.

Поглинання великих органічних молекул та краплин розчинів може проходити шляхом піноцитозу.

Із водних розчинів солі ніколи не поступають в кореневу систему рослин в тій же концентрації в якій вони знаходяться в розчинах. Із слабких розчинів більш інтенсивно поглинаються рослинами солі, а з концентрованих – вода. Поглинання речовин рослинами не залежить від поглинання ними води. Переконливим доказом цього є те, що різні солі і навіть катіони та аніони однієї солі поступають в рослини з різною швидкістю. Так, у солі  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  більш інтенсивно поглинається іон  $\text{K}\text{H}_4^+$ , менш інтенсивно – іон  $\text{SO}_4^{2-}$ . В результаті відмічається підкислення середовища. Такі солі називають фізіологічно кислими. Сіль, у якої більш інтенсивно поглинається аніон, і внаслідок чого середовище стає лужним називають фізіологічно лужною. До таких солей відносять  $\text{NaNO}_3$ . Якщо катіон і аніон поглинаються рослинами з однаковою швидкістю, то таку сіль називають фізіологічно нейтральною ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ).

Поглинання речовин клітиною необхідно розглядати як фізіологічний процес, що протікає із затратою енергії і безпосередньо пов'язаний із диханням рослин. Дихання це джерело енергії і обмінних іонів  $\text{H}^+$  і  $\text{HCO}_3^-$ .

В кореневій системі рослин проходять також синтетичні процеси. Так, у кукурудзи близько 50-70 % азоту, включається в амінокислоти.

Численні дослідження показують, що через кореневу систему рослини здатні виділяти в навколишнє середовище мінеральні та органічні сполуки. Вплив корневих виділень одних рослин на ріст і розвиток інших називають аллелопатією. За здатністю рослин виділяти або не виділяти речовини через кореневу систему їх ділять на дві групи. До першої відносять рослини, коренева система яких в нормальних умовах вирощування не виділяє фосфорну кислоту та інші мінеральні речовини. Це злакові культури, коренеплоди, клубнеплоди, овочеві культури та інші. Другу групу складають рослини, корені яких виділяють фосфорну кислоту та інші мінеральні речовини. До них відносяться бобові та олійні культури.

Представники першої групи характеризуються накопиченням вуглеводів і нейтральною реакцією клітинного соку, другої – білків і кислою реакцією клітинного соку.

Виділення фосфорної кислоти у люпину, ярого рапсу складає 13-14 % від загальної кількості, що поглинається кореневою системою.

Багато вчених вважають, що виділення коренями фосфорної кислоти, є нормальним їх фізіологічним станом і обумовлено фізико-хімічними та біохімічними змінами в структурі пластичних речовин.

Отже, коренева система рослин здатна адсорбувати, поглинати і акумулювати елементи мінерального живлення та передавати продукти своєї життєдіяльності через провідну систему в надземні органи.

В житті рослин мінеральні елементи мають величезне значення. В'язкість, гідрофільність, колоїдно-хімічні властивості протоплазми залежать від співвідношення одновалентних та двовалентних катіонів. Багато елементів, таких як азот, фосфор та сірка входять до складу білків і інших органічних речовин. Магній, залізо, мідь та інші входять до складу білків-ферментів. Деякі елементи регулюють реакцію клітинного соку.

Азот. Значення його насамперед визначається входженням до складу

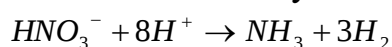
амінокислот, які в свою чергу виступають вихідними сполуками для білків. Азоту в рослинах менше, ніж вуглецю, водню та кисню. Частка азоту в рослинах складає лише 1-3 %, але без достатньої його кількості життя рослин неможливе. У більшості випадків урожайність сільськогосподарських культур лімітується недостатньою кількістю азоту в ґрунті. Для формування врожаю зерна озимої пшениці 20-30 ц/га необхідно 150-200 кг азоту в доступній формі при загальній кількості від 5 до 15 т на 1 гектар.

Виділяють азот органічний (органічні сполуки), азот аміачний (солі аміаку), азот нітратний (солі азотної кислоти). Різні форми азоту, що містяться в ґрунті це основне джерело живлення рослин.

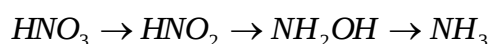
Коренева система рослин здатна поглинати амонійні і нітратні форми азоту. Дослідженнями встановлено, що в живленні рослин амонійні солі не поступаються нітратним. Органічні форми азоту для рослин малодоступні за винятком сечовини. Молекулярна форма  $N_2$  взагалі не доступна для живлення рослин.

Співвідношення між амонійними і нітратними формами азоту в живленні рослин в значній мірі залежить від реакції ґрунтового розчину. З нейтрального середовища рослини інтенсивніше використовують амонійну форму, а при  $pH=5$  в рослини більш інтенсивно надходить нітратний азот.

Добре відомо, що в органічних сполуках азот знаходиться у відновленій формі. У зв'язку з цим окислена форма азоту  $NO_3^-$ , яку рослини поглинають при живленні нітратами відновлюється до аміаку:



Водень, необхідний для відновлення нітратів створюється в процесі дихання. При відновленні нітратів в рослинах як перший проміжний продукт з'являються нітрити  $NO_2^-$ , які потім відновлюються в гідроксиамін, а останній – в аміак:



Відновлення нітратів відбувається за рахунок вуглеводів і може проходити в будь-якому органі рослин, де вони є. Нітрати вже в кореневій системі рослин відновлюються до аміаку і азот включається в синтез амінокислот або інших сполук, що містять його. Якщо ж коренева система не містить вуглеводів, то нітрати не відновлюються і в такій же формі транспортуються в надземні органи рослини.

У більшості рослин азот із кореневої систем надходить в надземні органи у вигляді азотних органічних сполук, головним чином у формі амінокислот.

В силу своєї токсичності, як аміак, так і нітрати не може накопичуватися в рослинах, а тому вони відразу включаються в синтетичні процеси. Аміак, який синтезувався в рослинах в результаті відновлення нітратів, або ж той, що поглинений із ґрунту, вступає у взаємодію з  $\alpha$ -кетоглутаровою кислотою. В результаті синтезується  $\alpha$ -іміноглутарова кислота, яка відновлюється в глутамінову кислоту. Необхідна  $\alpha$ -кетоглутарова кислота створюється в рослинах в процесі дихання. Синтезована глутамінова кислота служить джерелом аміногрупи ( $NH_2$ ) для синтезу інших амінокислот. Процес при якому

аміногрупа глютамінової кислоти передається іншим кетокислотам називається переамінуванням. Вважається, що в рослинах існують і інші шляхи включення азоту в білкові молекули.

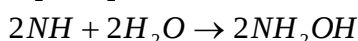
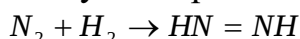
Бобові культури на відміну від інших сільськогосподарських рослин мають особливості азотного живлення. На їх коренях поселяються бульбочкові бактерії, які здатні засвоювати молекулярний азот повітря. Цей симбіоз поліпшує умови азотного живлення не лише бобових, а й наступних культур в сівозміні.

Бульбочкові бактерії за своєю специфічністю до окремих видів бобових культур ділять на ряд видів: бактерії люцерни і буркуну, бактерії конюшини, бактерії гороху, вики, чини, нуту, бактерії люпину, бактерії сої та інші.

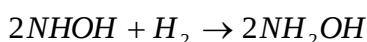
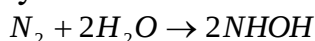
Найбільш поширеною теорією біологічної фіксації азоту є аміачна теорія. Вважається, що існують два шляхи перетворення азоту: окисний і відновний. В обох випадках проміжним продуктом є гідроксиламін.

Відновлення азоту в свою чергу може проходити двома шляхами:

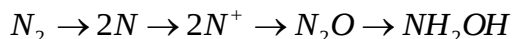
- перший шлях спочатку включає відновлення азоту, а потім гідратування, що виражається наступним рівнянням:



- другий – спочатку азот гідратується, а потім отриманий продукт відновлюється до гідроксиаміну:



В разі окисного шляху то перетворення азоту відбувається наступним чином:



Синтезований гідроксиламін вступає у взаємодію із  $\alpha$ -кетоглутаровою кислотою і синтезується глютамінова кислота.

Сірка поглинається рослинами у вигляді аніону  $SO_4^{2-}$ . В органічних речовинах вона представлена у формі групи SH або -S-S-, тобто в рослинах відбувається її відновлення за рахунок вуглеводів.

Сірка входить в склад органічних сполук (цистеїну і глутатіону), яким належить важлива роль в окисно-відновних процесах. Вона також входить в склад всіх білків-ферментів і коферменту А. Загальна кількість сірки в рослинах складає долі відсотків у сухій речовині. Найбільша її кількість знаходиться в насінні та листках, менше – в стеблах і коренях.

При дефіциті сірки в ґрунті у рослин спочатку жовтіють жилки листків, а потім з'являються жовті плями.

Хлор і кремній. Згідно останніх досліджень хлор необхідний всім рослинам. Він входить в склад ферменту карбоксилази. Іон хлору впливає на надходження в рослини аніонів  $PO_4$ . Кремній відноситься до мікроелементів, не дивлячись на те, що у злакових культур він міститься у великих кількостях. Накопичується кремній в оболонках клітин надземних органів рослин, що забезпечує їм твердість. Існують думки також про те, що накопичення кремнію

в оболонках сприяє підвищенню стійкості рослин проти враження грибковими захворюваннями.

**Калій.** Найбільша кількість калію накопичується в молодих органах рослин, клітини яких повністю заповнені протоплазмою. Вміст калію в таких тканинах може досягати 50 % від ваги золи. Калій суттєво впливає на стан колоїдів протоплазми, приймає участь в процесі фотосинтезу і перетворення вуглеводів, виступає каталізатором білкового синтезу і розпаду білкових речовин. Знаходиться калій у клітинах в іонній або зв'язаній з білками формі. Здатний до повторного використання. При дефіциті калію кінчики та краї листків стають жовтими або жовто-червоними. В подальшому відмічається розпад білків, про що свідчить поява некротичних плям.

**Натрій.** Хімічні властивості подібні калію, проте його фізіологічна роль значно менша. В найбільшій кількості натрій накопичується у галофітів, де сприяє створенню високого осмотичного тиску в клітинах.

**Магній.** За своїми фізіологічними функціями магній близький до калію, але відрізняється тим, що сприяє зневодненню протоплазми. Близько 50 % цього елемента в клітинах знаходиться в іонній формі, решта його кількості входить в склад фізіологічно важливих метаболічних органічних сполук. Відомо, що магній займає центральне місце у молекулі хлорофілу. Він виступає активатором ряду ферментів.

**Кальцій,** як і магній, підвищує в'язкість протоплазми. Він виступає одним із найбільш сильних антагоністів одновалентних катіонів і особливо катіонів водню. Йому належить також важлива роль в нейтралізації органічних кислот. Встановлено, що більшу потребу до кальцію виявляють зелені рослини, проте відомо, що він потрібний і деяким видам лишайників. Мікроелементи потрібні рослинам в дуже малих кількостях, але вони мають величезне значення в їх житті. Серед них найбільш важливі залізо, бор, марганець, цинк, мідь і молібден.

Залізо входить в склад окисних ферментів процесу дихання. Вважається, що в окисно-відновних процесах залізо виступає акцептором кисню. Рослини здатні засвоювати як закисні так і окисні солі заліза. При дефіциті заліза в ґрунті спостерігається хлороз.

**Бор.** З усіх мікроелементів бор вважається найбільш дослідженим. Багато рослин (льон, гречка, цукрові буряки) взагалі не можуть рости без бору, але бор потрібний і іншим культурам. Він впливає на проникненість протоплазми, переміщення вуглеводів та інші фізіологічні функції. При відсутності бору порушується нормальна життєдіяльність меристемних тканин, не формується провідна система, відмирають точки росту стебел, затримується ріст кореневої системи, зменшується інтенсивність цвітіння і зав'язування плодів.

Бор не здатний до повторного використання, а тому борні добрива рекомендують вносити в ґрунт у різні фази росту та розвитку рослин.

**Марганець** виступає активатором різних ферментів. Його відсутність стримує інтенсивність фотосинтезу і зменшує вміст хлорофілу в листках рослин. Зовнішніми ознаками дефіциту марганцю є коричневі та чорні плями на листках гороху, жовті плями на листках цукрових буряків, хлороз у

плодових культур.

Цинк сприяє синтезу ростових речовин і приймає участь у синтезі ряду ферментних систем, а також входить в склад ферменту карбоангідрази: Дефіцит цинку у рослин викликає різні захворювання, особливо у плодових та цитрусових культур. Насамперед зменшуються темпи росту, скорочуються міжвузля, з'являється дрібнолистковість.

Мідь потрібна всім рослинам. Вона приймає участь в окисних реакціях, входить в склад багатьох окисних ферментів і особливо ферментів хлоропластів. Мідь надає стійкості хлорофілу проти руйнування і позитивно впливає на водоутримуючу здатність тканин. Дефіцит міді викликає скручення кінчиків листків і часто не формується зерно у злаків.

Молібден приймає участь у відновленні нітратів, так як входить до складу ферментів нітратредуктази. Особливо важливе значення молібден має для бобових культур. Він поліпшує фіксацію молекулярного азоту повітря бульбачкові бактеріями.

Для отримання високих і сталих врожаїв сільськогосподарських культур необхідно знати потребу рослин в елементах живлення і вміти її задовольняти. Живлення це складний інтегрований процес фізіологічних функцій фотосинтезу, водообміну, мінерального живлення і дихання рослин, який також залежить від зовнішніх та внутрішніх факторів.

З метою раціонального і ефективного використання мінеральних добрив необхідно знати якісні і кількісні індекси потреби рослин в елементах живлення для створення запланованого врожаю, індекси родючості ґрунтів, можливі коефіцієнти використання поживних речовин із ґрунту і добрив, а також забезпеченість рослин водою.

## **Лабораторна робота № 11**

### **Визначення об'єму кореневої системи рослин**

Мета роботи: навчитися визначати об'єм кореневих систем у рослин

Матеріали та обладнання: рослини із кореневою системою, об'ємомір Сабініна-Колосова, вода, ножиці, нитки.

Пояснення. Для визначення об'єму кореневої системи у рослин використовують об'ємомір. Він складається з циліндра, дно якого з'єднане каучуковою трубкою з градуйованою піпеткою на 0,01 мл. В циліндр наливається вода в кількості достатній для занурення кореневої системи рослин. Піпетка встановлюється під таким кутом щоб меніск води знаходився на її початку. Чутливість приладу визначається кутом розташування піпетки: чим ближче до горизонтального розташування, тим точніше визначення об'єму кореневих систем.

При зануренні у воду досліджуваних коренів рівень води в циліндрі підвищиться, що в свою чергу приведе до переміщення меніску в градуйованій трубці. Виймають корені і їх об'єм визначають за кількістю води, яку потрібно долити з бюретки в циліндр, щоб відновити таке ж положення меніска в градуйованій трубці.

### **Хід роботи.**

Для досліджень беруть корені рослин, які вирощені в водній культурі або корені рослин, вирощених в ґрунті але ретельно промиті у воді.

Взяти декілька рослин (від 5 до 30 штук) , зібрати їх в пучок так, щоб кореневі шийки знаходилися на одному рівні. Відмітити вихідне положення меніска води в бюретці (1), занурити в циліндр кореневу систему рослин і відмітити друге положення меніска (2). Вийняти корені із циліндра і помістити їх в стакан із водою. При цьому положення меніска води в бюретці не буде відповідати положенню 1, так як певна кількість води із циліндра залишиться на поверхні коренів. Тому з бюретки в циліндр необхідно додати таку кількість води щоб меніск її став в положення 1. Потім з бюретки в циліндр доливають таку кількість води , щоб меніск її став в положення 2. Це буде відповідати об'єму кореневої системи. Визначення проводять в трьохразовій повторності.

Завдання: визначити об'єм кореневої системи рослин.

### **Контрольні запитання:**

1. Які шляхи надходження елементів живлення в рослини?
2. Розкрийте роль коренів для рослин.
3. Чому висловлювання “корінь поглинає ґрунтовий розчин” невірне ?
4. Обґрунтуйте фізіологічне значення та перетворення фосфору в рослинах.
5. Розкрийте фізіологічну суть корневих виділень у рослин.
6. Що таке мікориза і ризосфера та їх роль?

### **Запитання для самостійної роботи:**

1. Коренева система як орган поглинання та засвоєння мінеральних речовин.
2. Синергізм, адитивність та урівноважені розчини.
3. Живлення рослин азотом
4. Особливості азотного живлення бобових культур.
5. Кореневі виділення у рослин, мікориза та ризосфера.
6. Зальні елементи рослин.
7. Фізіологічна роль металів.
8. Фізіологічна роль неметалів.
9. Мікроелементи та їх значення для рослин.
10. Мінеральні добрива та урожай.
11. Листок як орган діагностики мінерального живлення рослин.

## **Тема: Синтез, перетворення та переміщення органічних речовин у рослинах**

Органічні речовини рослин ділять на дві великі групи: первинні органічні сполуки і вторинні. До перших відносяться вуглеводи, білки, жири, амінокислоти і нуклеїнові кислоти, до других – органічні кислоти, глюкозиди, фенольні сполуки, алкалоїди, каучук, антибіотики і фітонциди.

Вуглеводи складають 75-85 % сухих речовин рослин і є головним

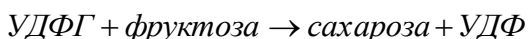
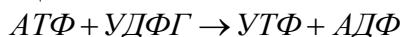
поживним і скелетним матеріалом клітин.

Вони діляться на три великі групи: моносахариди, олігосахариди і полісахариди.

А.І.Опаріним і А.А.Курсановим встановлено, що через фосфорні ефіри гексоз (фруктоза, глюкоза, галактоза) відбуваються перетворення моносахаридів. Першим нефосфорильованим вуглеводом вважається олігосахарид сахароза. Синтез в перші хвилини фотосинтезу переважно вільних вуглеводів у формі сахарози встановлено для більшості рослин з різними типами вуглеводного обміну.

Біосинтез вуглеводів, які належать до олігосахаридів і полісахаридів відбувається шляхом трансглікозювання тобто реакції переміщення глікозидних залишків за участю ферментів глікозилтрансфераз. Основним донором глікозидних залишків є уридиндифосфатглюкоза (УДФГ).

Загальноприйнятою схемою біосинтезу сахарози у рослинах є переміщення залишків глюкози з УДФГ на фруктозу:



Сахароза виконує основну транспортну функцію вуглеводів у рослинах. Переміщення вуглеводів відбувається з великими затратами енергії, яка синтезується в процесі дихання.

Крохмаль належить до головних запасних речовин у рослин. Він складається із суміші полісахаридів амілози (10-30 %) та амілопектину (70-90%). Вихідними речовинами для синтезу крохмалю є глюкоза і глюкозо 1-фосфат. Синтез відбувається за участю ферментів глікозилтрансферази. Даний фермент каталізує переміщення залишків глюкози від нуклеозиддифосфатглюкози на вуглеводний ланцюг.

Білки належать до найбільш важливих органічних сполук рослин і визначають всі їх морфологічні ознаки та біологічні властивості. Прості білки є запасними речовинами, а складні – протеїди — головні компоненти цитоплазми, які відіграють важливі функції в організації клітинних структур. Білки є біологічними полімерами і складаються з амінокислот. Якісний склад амінокислот та послідовність їх розташування визначають властивості білків. Амінокислоти виступають первинними органічними сполуками для побудови білкової молекули. Амінокислоти в рослинах можуть, синтезуватися в результаті прямого амінування кетокислот аміаком або в результаті реакцій переамінування. Синтезовані амінокислоти в рослинах знаходяться в стані неперервного обміну. В основному вони використовуються для синтезу білків. Проте вони можуть дезамінуватися, відщеплювати вуглекислоту, повністю окислюватися і служить джерелом енергії для рослин. Дезамінування амінокислот – це розщеплення їх на аміак і відповідні кетокислоти. Вважається, що дезамінування амінокислот є основною реакцією у перетворенні азотистих речовин в безазотисті. Воно буває трьох типів: окисне, відновне і гідролітичне. Кінцеві продукти єдині для всіх типів. При декарбоксилюванні відбувається відщеплення  $\text{CO}_2$ . В разі відщеплення  $\text{CO}_2$  від дикарбонової кислоти виникає

монокарбонова. У випадку декарбоксилювання монокарбонових кислот синтезуються аміни. Вони в основному є ісокотоксичними сполуками. Накопичуються в рослинах лише при несприятливих умовах.

Як зазначалося вище, амінокислоти в рослинах в основному використовуються для синтезу білків. Динамічний стан білків і амінокислот в рослинах можна виразити наступним чином: *амінокислоти*  $\Leftrightarrow$  *білки*.

Залежно від віку і стану клітини, органу або цілої рослини інтенсивність даних процесів може бути зміщена в ту чи іншу сторону.

Процес біосинтезу білків є універсальним для всіх біологічних об'єктів на Землі – від простої бактеріальної клітини до вищих тварин та людини. При синтезі білків реалізуються два фундаментальних принципи, характерних для живих систем: матричний і комплементарності. В цілому загальна схема біосинтезу білків в якій реалізуються матричний принцип і принцип комплементарності має наступний вид:



Молекула ДНК розташована в ядрі клітини і виступає матрицею для біосинтезу молекули РНК, яка в свою чергу виконує ту ж роль для білкової молекули.

Біосинтез білків складний процес і тісно пов'язаний із клітинними структурами, протікає в декілька етапів та каталізується численними ферментами. Спираючись на сучасну уяву про біосинтез білку можливо намітити наступні етапи:

1. Активація амінокислот;
2. Ініціація поліпептидного ланцюга;
3. Елонгація поліпептидного ланцюга;
4. Термінація поліпептидного ланцюга.

Для початку синтезу білкової молекули необхідно активувати амінокислоти, що здійснюється особливими ферментами за участю АТФ і транспортних РНК. Активування амінокислот відбувається у два етапи. На першому етапі амінокислота взаємодіє з АТФ і створюється комплекс, який має відповідний запас енергії і досить реакційноздатний. На другому етапі відбувається взаємодія даного комплексу із транспортною РНК.

Наступні етапи білкового синтезу відбуваються у рибосомах. Самостійно рибосоми не активні до білкового синтезу. Вони повинні створити комплекс за участю матричної РНК, т-РНК і трьох ініціюючих факторів.

Елонгація (подовження) білкової молекули розпочинається із створення першого пептидного зв'язку у N кінці поліпептиду і закінчується на С кінці. Приєднання кожної нової амінокислоти відбувається в процесі складних реакцій в яких виділяють три етапи. Після приєднання нової амінокислоти до білкової молекули рибосома переміщується вздовж м-РНК на один кодон. Процес термінації полягає у завершенні білкового синтезу і відокремленні поліпептидної молекули від рибосоми. Сигнал про завершення синтезу подається трьома спеціальними кодонами м-РНК, які не відповідають жодній амінокислоті.

Біосинтез білків потребує затрат великої кількості енергії. Так, для

активування кожної амінокислоти потрібна енергія трьох макроергічних зв'язків, тобто близько 80 кДж.моль. Крім того для створення ініціюючого комплексу в циклі елонгації потрібно також 80 кДж енергії. Отже, на кожну включену амінокислоту у білкову молекулу витрачається 160 кДж енергії.

Швидкість білкового синтезу досить висока. Встановлено, що за 1 хвилину в білкову молекулу включається 30-50 амінокислот.

Ліпідами називають жири і жироподібні речовини рослинного і тваринного походження, які подібні за своїми фізико-механічними властивостями, але різні за фізіологічними функціями в рослинах. Всі ліпіди гідрофобні, але добре розчинні в органічних розчинниках.

Жири і жироподібні речовини можуть перебувати у вигляді запасних речовин або ж виступати структурними компонентами цитоплазми клітини. Запасні і цитоплазматичні жири виконують різні біохімічні функції.

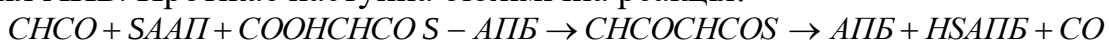
В склад жирів входить трьохатомний спирт гліцерин і декілька десятків жирних кислот. Найбільш розповсюдженими із ненасичених є олеїнова, лінолева і ліноленова, а серед насичених – пальмітинова, стеаринова і лауринова кислоти.

До ліпоїдів належать фосфогліцериди, гліколіпіди, воски і стериди. У фосфогліцеридів одна із первинних спиртових груп гліцерину зв'язана не з жирною, а фосфорною кислотою. Завдяки присутності фосфорної кислоти фосфогліцериди більш реакційноздатні у порівнянні із тригліцеридами. Гліколіпіди в своєму складі містять вуглеводи. У великій кількості вони представлені у листках рослин.

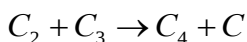
Численними дослідженнями встановлено, що у олійних культур в період дозрівання насіння зменшується кількість вуглеводів і збільшується вміст жирів. При проростанні насіння спостерігається прямопротилежна закономірність. Проте, при порівнянні будови вуглеводів і жирів стає зрозумілим, що безпосередньо з вуглеводів жири синтезуватися не можуть. Так, як жири складаються із гліцерину і жирних кислот, то при їх біосинтезі повинні створюватися дані компоненти. Встановлено, що жирні кислоти взаємодіють не з гліцеином, а з гліцерол – 3-фосфат. Останній в рослинах може синтезуватися різними шляхами. Вихідними речовинами для нього можуть бути 3-фосфогліцериновий альдегід або фосфодіоксіацетон. Дані речовини створюються в процесі фотосинтезу або анаеробного розпаду вуглеводів. Гліцерол-3-фосфат може в рослинах синтезуватися також із вільного гліцерину:

$$\text{гліцерин} + \text{АТФ} \rightarrow \text{гліцерол 3фосфат} + \text{АДФ}.$$

Синтез жирних кислот відбувається більш складними шляхами. В їх синтезі приймають участь двохвуглецева сполука ацетил АПБ і трьохвуглецева малоніл АПБ. Протікає наступна біохімічна реакція:



Отже, збільшення вуглецевого ланцюга жирних кислот відбувається шляхом конденсації даних речовин з виділення вуглекислоти по наступній схемі:



Ненасичені кислоти синтезуються із насичених шляхом відщеплення

атомів водню під дією ферментів оксигеназ.

Розщеплення жирів відбувається за участю ферментів ліпаз в результаті чого створюється гліцерин і жирні кислоти. Гліцерин взаємодіє з АТФ і синтезується гліцерол – 3-фосфат, який в свою чергу перетворюється в фосфодіоксіацетон. Він же виступає вихідною сполукою для створення фруктозо-1,6-дифосфат. Остання речовина, як відомо, може перетворюватися в різні вуглеводи.

Вуглеводи в рослинах можуть синтезуватися не лише з гліцерину, а також із жирних кислот. Існує  $\alpha$ -окислення жирних кислот, яке і вважається основним в рослинах, і  $\beta$ -окислення.

Органічні кислоти поряд із вуглеводами і білками є широко розповсюдженими сполуками у рослинах. Вони виступають зв'язуючим ланцюгом між вуглеводним і азотним типами обміну у рослинах.

Органічні кислоти містяться у рослинах у вільному або ж у стані нейтральних солей. У вільному стані органічні кислоти накопичуються у плодах і листках. Прісний присмак рослин обумовлений нейтральними солями органічних кислот. Вони входять також у склад різних речовин: хлорофіл, фікобіліни, фермент, жири.

Синтез органічних кислот відбувається в процесі дихання і фотосинтезу. Більшість кислот створюються як проміжні продукти біологічного окислення вуглеводів. Вищі рослини здатні синтезувати різні органічні кислоти, але у великих кількостях накопичують лише одну або дві. Решта кислот представлені в каталітичних функціях. Так, в плодах лимона лимонна і яблучна кислоти складають 97 % всіх вільних кислот.

Вміст органічних кислот в рослинах тісно зв'язаний з інтенсивністю дихання і може змінюватися залежно від фази розвитку рослин і умов навколишнього середовища.

Глюкозиди об'єднують сполуки різної хімічної природи спільним для яких є те, що вони похідні вуглеводів і в більшості випадків моносахаридів. Невуглеводна частина їх може бути представлена спиртами, стеридами і іншими сполуками. Вони діляться на глюкозиди пентоз і глюкозиди гексоз.

Вивчення глюкозидів в рослинах має величезне значення з точки зору запобігання отруєння людей і тварин при їх споживанні. Багато глюкозидів використовується в медицині, легкій промисловості і сільському господарстві як засоби боротьби із шкідниками та хворобами.

Глюкозид амігдалін синтезується в плодах яблук, слив і айви. Синильна кислота, яка міститься в амігдаліні, може викликати отруєння людей і тварин.

Глюкозид линамарин накопичується в насінні льону від 1 до 1,5%.

Алкалоїди – це гетероциклічні азотмісткі сполуки лужного характеру яким властива велика фізіологічна дія. Вони широко розповсюджені і за сучасними даними входять в склад близько 10 % рослин. Алкалоїди використовуються в медицині, ветеринарії, рослинництві та окремих видах промисловості.

Багато алкалоїдів міститься в харчових продуктах і використовуються людиною як тонізуючі і наркотичні засоби. До таких продуктів належать чай,

кава, какао. У підвищених дозах алкалоїди негативно впливають на стан здоров'я людини.

У рослинах алкалоїди знаходяться у вигляді солей з органічними кислотами. Рослини здатні накопичувати не один, а декілька алкалоїдів. Так, рослини тютюну здатні синтезувати більше 10 алкалоїдів.

Алкалоїд рицинін накопичує рицина. В насінні його вміст становить 0,15, а в молодих листках близько 1 %. Дуже токсичний.

Піперин – алкалоїд чорного перця. Вміст в насінні 5-9 %. Токсичність йому не властива, але викликає місцеве подразнення.

Алкалоїд нікотин синтезується в рослинах махорки і тютюну. Вміст може коливатися від 1 до 10 %.

Вихідними продуктами для синтезу алкалоїдів є амінокислоти і аміни. Так, глютамінова кислота, яка займає одне із провідних місць в азотному обміні може служити основою для синтезу багатьох алкалоїдів.

Вміст алкалоїдів в рослинах залежить від багатьох факторів. Насамперед від фази росту і розвитку рослин та ґрунтово кліматичних умов (температура і вологість повітря).

Вітаміни – це група низькомолекулярних сполук без яких неможливе нормальне проходження біохімічних процесів. Вони тісно пов'язані із ферментами тому, що входять в склад активних груп двокомпонентних ферментів. На даний час відомо понад 200 різних ферментів складовою частиною яких є вітаміни.

При недостатній кількості вітамінів в продуктах харчування у людей та тварин послаблюються біохімічні процеси і відбуваються глибокі порушення обміну речовин, які викликають тяжкі захворювання. Хвороби викликані нестачею вітамінів називаються авітамінозами.

Для нормального протікання біохімічних процесів рослинам необхідні такі ж вітаміни, як і тваринам, але рослини здатні синтезувати всі необхідні їм вітаміни.

Класифікують вітаміни за їх здатністю розчинюватися у воді або органічних сполуках. До вітамінів розчинних у жирах належать ретіноли (А). Каратиноїди, кальциферол (Д), токоферол (Є), філлохінон (К), і комплекс ненасичених жирних кислот. Вітаміни розчинні у воді представлені тіаміном (В), рибофлавіном (В), піридоксіном (В), цианокобаліном (В), гіангалою (В), нікотиною (РР), аскорбіною (С), фолієвою кислотами і S метилметіоніном (І).

Переміщення органічних сполук в рослинах. Початковий синтез органічних сполук відбувається у хлоропластах. Тут синтезуються вуглеводи і інші речовини. Із листків розпочинається неперервний відтік продуктів фотосинтезу. Переміщення розпочинається в хлоропластах і продовжується в спеціалізованих клітинах флоєми. Рух синтезованих речовин закінчується в тканинах, де вони використовуються для інших біохімічних процесів або відкладаються у запас. Вони можуть переміщуватися вгору по стеблу до верхівок пагонів і вниз до кореневої системи.

В хлоропластах відбувається синтез моносахаридів, з яких потім синтезується сахароза. Вона є основною транспортною формою для вуглеводів.

Рух азотистих речовин відбувається у формі амінокислот аспаргіна і глютаніну. Жири в рослинах не рухаються.

Професором Курсановим розроблена метаболічна теорія руху органічних сполук в рослинах. Згідно її положень, переміщення органічних речовин по флоемі рослин пов'язане з обміном речовин і використанням енергії біологічного окислення. Швидкий рух органічних речовин обов'язково корелює з інтенсивним диханням.

Органічні речовини рухаються по рослинах з різною швидкістю: амінокислоти – 90, сахароза – 70-80 і неорганічні солі – 20-40 см/год.

## **Лабораторна робота № 12** **Кислотний гідроліз крохмалю**

Мета роботи: навчитися проводити кислотний гідроліз крохмалю.

Матеріали та обладнання: крохмал, 20 % розчин соляної кислоти, розчин І в КІ, №2 С03, фелінгова рідина, електроплитка, ваги технічні, колба 100-150 мл, штатив з пробірками, калька.

Пояснення. Крохмаль – це полісахарид з емпіричною формулою  $(C_6H_{10}O_5)_n \times H_2O$ . Молекула крохмалю складається із великої кількості залишків глюкози. Крохмаль нерозчинний в холодній воді, проте в теплій воді він створює коллоїдний розчин – крохмальний клейстер. При кип'ятінні крохмального клейстера з мінеральною кислотою крохмаль гідролізується до глюкози через ряд проміжних продуктів, які мають меншу молекулярну вагу і називаються декстринами. Спостерігати за гідролізом крохмалю можна при проведенні реакції з розчином йоду, який забарвлює крохмаль в синій колір, амілодекстри – в червоний, ахродекстрин – в оранжевий, а з мальтодекстриномі мальтозою забарвлення відсутнє (залишається жовтим).

### **Хід роботи.**

Приготувати 0,1 % крохмальний клейстер. Для цього на технічних вагах відважити 0,05 г крохмалу і ретельно перемішати його в 10 мл води. Налити в колбу 40 мл води, довести її до кипіння і вилити в неї розчин крохмалу. Довести даний розчин знову до кипіння.

Поставити в штатив 6-7 пробірок. Відлити в першу пробірку 4-5 мл крохмального клейстера. Додати в колбу 1,5 мл 20 % розчину соляної кислоти і довести до кипіння. При появі перших бульбашок відлити із колби 4-5 мл в другу пробірку. Продовжувати кип'ятіння і через кожні 5-10 хвилин відливати в наступні пробірки по 4-5 мл крохмального клейстеру. Остудити пробірки, додати в них води і по 5 крапель в КІ. При відсутності забарвлення гідроліз можна вважати закінченим. Результати занести до таблиці 3.

Таблиця 3

Результати гідролізу крохмалю

| Термін гідролізу, хв. | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 |
|-----------------------|---|---|----|----|----|----|
| Забарвлення розчину   |   |   |    |    |    |    |

Завдання: провести гідроліз крохмалю.

**Контрольні запитання:**

1. Що таке гідроліз і його значення в житті рослин?
2. Зробіть класифікацію вуглеводів і розкрийте значення кожної групи.
3. Як відбувається синтез олігосахаридів і полісахаридів в рослинах?
4. Розкрийте значення крохмалю для рослин.
5. Які органічні сполуки відносяться до речовин вторинного походження?
6. Розкрийте перетворення органічних кислот в рослинах.

**Запитання для самостійної роботи:**

1. Вітаміни і їх значення.
2. Органічні кислоти та їх роль в житті рослин.
3. Глюкозидази та їх значення.
4. Алкалоїди та їх перетворення у рослинах.
5. Біосинтез жирів у рослинах.
6. Розпад жирів у рослинах.
7. Біосинтез білків.
8. Дубильні речовини, каучук і антибіотики.
9. Біосинтез вуглеводів у рослинах.

**Запитання для підготовки до складання четвертого змістовного модуля****Модуль V****Тема: Ріст рослин**

Ріст це незворотне збільшення лінійних розмірів, поверхні, маси рослин, новоутворення структур цитоплазми. Ріст відноситься до інтегральних процесів і є результатом функціональної дії органів рослини в цілому.

Життєвий цикл рослини складається із двох періодів: вегетативного і репродуктивного. Протягом першого періоду інтенсивно накопичується вегетативна маса, посилено росте коренева система, закладаються репродуктивні органи. Репродуктивний період включає квітування і плодоношення. Після квітування суттєво змінюється характер фізіологічних і біохімічних процесів, зменшується вологість вегетативних органів і вміст азоту в листках, відбувається відтік пластичних речовин в органи плодоношення.

Показниками росту рослин можуть бути:

- збільшення розміру рослини і окремих органів. Це може відноситися до поверхні або ж об'єму;
- збільшення числа органів (утворення нових листків, стебел, коренів);
- збільшення кількості клітин;
- збільшення об'єму клітин;
- збільшення кількості протоплазми;
- збільшення кількості сухих речовин рослини;
- збільшення кількості структурних елементів рослини.

Ріст і розвиток рослин у більшості сільськогосподарських культур

розпочинається з насіння. В насінні виділяють три основні частини: 1) покривні тканини, які захищають внутрішні тканини від механічних пошкоджень і регулюють газообмін та водообмін насіння з навколишнім середовищем; 2) ембріональні тканини (початкове стебло, корінь і листки); 3) запасні тканини.

Проростання насіння розпочинається з поглинання води, набубнявіння і розростання ембріональних тканин. При проростанні насіння під впливом ферментів відбувається розпад складних органічних речовин на більш прості: білки до амінокислот; полісахаридів до моносахаридів; жирів до жирних кислот, які споживаються зародком. Ендосперм у однодольних культур зморщується і відсихає. Сім'ядолі у дводольних культур виносяться на поверхню ґрунту, зеленіють і виконують роль листків до появи справжніх листків, а потім відпадають.

В основі росту рослин лежить поділ і ріст клітини. Виділяють три етапи або фази росту клітини: ембріональна, розтягнення і внутрішньої диференціації.

Клітини, які перебувають у ембріональній фазі, повністю заповнені цитоплазмою, відсутні вакуолі, розмір їх відносно сталий і вони здатні до ділення.

Ембріональна фаза клітин проходить в конусах наростання, меристемах стебла і коренів. Розрізняють первинні і вторинні меристеми. Первинні меристеми створюються безпосередньо із тканини зародка і розміщуються в конусах наростання стебла і кореня, а також прокамбія. Вторинна меристема, наприклад філоген, розвивається із клітин епідермісу або клітин первинної кори.

У другій фазі у клітин з'являються вакуолі, різко збільшуються розміри клітини і кількість цитоплазми. Збільшення розміру багатоклітинного організму обумовлюється в основному ростом клітин у фазу розтягнення. Ріст клітин в дану фазу стимулюється ауксинами.

У першій і другій фазі у клітин відсутні специфічні особливості їх морфологічної будови. Вони з'являються лише в третій фазі. У фазу диференціації створюються всі основні групи і типи тканин характерні для рослин.

Процес перетворення ембріональної клітини в спеціалізовану називається диференціацією.

Різним органам рослин властиві різні типи росту, які визначаються розташуванням меристем. Так, у стебел і коренів точки росту займають верхнє положення і вони ростуть верхівками. Такий ріст називають апікальним. У стебел злакових культур меристеми розташовані між тканинами, які вже закінчили свій ріст. Тому такий ріст називають інтеркалярним. Якщо меристеми розташовані біля основи органу і тканини, що закінчили ріст розташовані вище зони росту, то такий ріст називають базальним. Він характерний для листків злакових культур. У багатьох дводольних культур ріст органів відбувається по всій його поверхні з однаковою швидкістю для всіх частин.

Ріст стебел в товщину відбувається в результаті ділення клітин вторинних меристем. Клітини камбію діляться в тангентальному напрямі в результаті чого

вони завжди розташовані радіальними шарами.

Численними дослідженнями добової і онтогенетичної періодичності і ритмічності росту сільськогосподарських культур встановлено цілий ряд певних чітких закономірностей, які мають теоретичне і практичне значення. Виділяють наступні типи росту рослин:

- синусоїдальний тип росту рослин – добова крива інтенсивності росту має вигляд синусоїди із фазою максимуму в денні і мінімуму в ранкові години. Така ритмічність характерна для пшениці, жита, кукурудзи і інших культур;
- кутовий тип росту – зміна високої і низької інтенсивності відбувається під тупим і гострим кутом і крива має один максимум і один мінімум інтенсивності росту протягом доби (стебла, листки і суцвіття люпину жовтого);
- імпульсний тип росту – зміна високої і низької інтенсивності росту відбувається імпульсно, скочкоподібно під прямим і гострим кутом. Максимальна інтенсивність росту припадає на 20-21 годину і зберігається на протязі ночі, а в денні години інтенсивність росту зменшується (листя і коренеплоди цукрових буряків, бульби картоплі);
- імпульсно-релаксаційний тип росту – зміна інтенсивності росту на протязі доби відбувається рівномірно. В нічні години інтенсивність зростає, а в денні зменшується (морква, бульби картоплі);
- двохвильовий тип росту – протягом доби інтенсивність росту досягає два рази свого максимального і мінімального значення (стебла і листки картоплі);
- відносно рівний тип росту – інтенсивність росту протягом доби майже не змінюється. Спостерігається у різних видів рослин при сталій добовій температурі повітря.

Рослини ростуть нерівномірно. Зміна періодів високої і низької інтенсивності росту відбувається ритмічно і, як правило, відповідає ритмічним змінам умов навколишнього середовища. Щорічно восени спостерігається листопад у рослин середньої смуги. В тропічних умовах листопад свідчить про настання посушливого періоду. Рослини вступають в стан спокою.

Спокій це стан рослин, який характеризується відсутністю ростових процесів і низькою інтенсивністю дихання і перетворення органічних речовин.

Існує вимушений і глибокий спокій. Насіння сільськогосподарських культур, яке зберігається у зерносховищах, перебуває у стані вимушеного спокою. При створенні сприятливих умов насіння здатне до проростання. Глибокий спокій спостерігається у бруньках дерев після їх формування.

Період спокою необхідно враховувати у сільськогосподарському виробництві. Використання для сівби насіння, яке перебуває в стані спокою може привести до зрідження густоти сходів, а в кінцевому результаті і до зменшення урожайності. Післязбиральне дозрівання полягає у перебудові пластичних речовин і у підготовці їх до стану доступному для живлення зародку. Умовами для проходження післязбирального дозрівання є температура

15-20° С і триває у різних сортів озимої пшениці від 2-3 тижнів до місяців.

Не дивлячись на те, що біохімічна природа спокою у рослин до кінця ще не вивчена, проте уже розроблено і рекомендовано сільськогосподарському виробництву ряд методів скорочення або ж подовження спокою у рослин. Вони базуються на зміні температурного і світлового режимів, а також застосуванні різних хімічних сполук.

Ріст рослин лежить в основі їх рухів. Здатність рослин рухатися насамперед реалізується у них в неперервному рості надземних і підземних органів. Основна їх функція полягає у засвоєнні елементів живлення і води.

Виділяють настичні рухи у рослин і тропізми.

Тропізми – це рухи рослин, які викликані односторонньою дією факторів зовнішнього середовища. Вони бувають геотропізми, фототропізми, хемотропізми і травмотропізми.

Геотропізми – це рухи різних органів рослин викликані дією сили земного тяжіння. Органи рослин, які займають вертикальне положення називаються ортотропними. Органи, розміщені під прямим кутом до ортотропних, носять назву діатропних, а під будь-яким іншим кутом – плагіатропних.

Властивість органів рослин рости в напрямку дії сили земного тяжіння називається позитивним геотропізмом. Властивий він стрижневому кореню. Негативний геотропізм характерний для центрального стебла, яке росте прямопротилежно дії земного тяжіння.

Фототропізмами називаються рухи у рослин викликані односторонньою дією світла. Фототропічні рухи є однією із форм пристосування рослин до умов навколишнього середовища. Надземним органам більшості рослин властиві позитивні фототропічні рухи. Коренева система багатьох рослин взагалі не реагує на світло, проте деяким рослинам характерна позитивна фототропічна реакція коренів (цибуля) або різко негативна (гірчиця біла).

Хемотропізми – це рухи рослин викликані дією різних хімічних сполук або фізичних факторів. Різновидом хемотропічних рухів у рослин є гідротропізм. Кореневій системі всіх рослин властивий позитивний гідротропізм.

Травмотропізми – рухи рослин викликані обробкою кореневих систем отруйними речовинами. Вони були відомі ще Ч.Дарвіну.

Поряд із тропізмами рослинам характерні також рухи викликані рівномірно діючим подразником. Вони називаються настичними рухами. Факторами настичних рухів можуть бути температура, вологість повітря, інтенсивність світла. Тому існують термонастії, фотонастії, сейсмонастії, гідронастії, хемонастії й інші форми настій.

Настичні рухи виявляються лише у органів, які мають двосторонню симетричну будову. Лише при такій будові можуть спостерігатися згини внаслідок нерівномірного росту верхньої і нижньої частин органу.

В житті деяких рослин настичні рухи мають величезне значення. Наприклад, у комахоїдних рослин настичні рухи є основним засобом засвоєння азотних речовин. Важливе місце належить ніктінастичним рухам зумовленим

закономірною зміною дня і ночі. Вони складають основу добового ритму відкривання і закривання квіток.

Умови зовнішнього середовища можуть суттєво впливати на ріст рослин. До того ж їх дія в більшості випадків пов'язана між собою і взаємообумовлена. Тому технології вирощування високих врожаїв сільськогосподарських культур базуються на застосуванні комплексу заходів, в основі яких лежить одночасна дія на рослину різних факторів середовища.

Всі фактори середовища ділять на декілька груп:

- кліматичні – до них належать температура, вода, світло, швидкість руху повітря, газовий склад і інші;
- едафічні – структура ґрунту і її хімічний склад;
- біотичні – різні мікроорганізми, а також рослинні і тваринні організми.

Умови зовнішнього середовища можуть по-різному впливати на ріст рослин і його органів. Сприяючи росту одного органу даний фактор може проявляти різко виражений негативний вплив на ріст інших органів.

Ріст рослин в значній мірі визначається спадковими факторами. Найбільш суттєво впливають на ріст рослин поліплоїдія і гетерозис.

Поліплоїдія полягає у кратному збільшенні кількості хромосом у клітинах рослин. У поліплоїдних рослин, як правило, збільшуються розміри різних органів. Дуже часто спостерігається явище гігантизму – збільшення розміру клітин, органів всієї рослини, підвищення вмісту хімічних сполук, зміна строків цвітіння і дозрівання.

Гетерозис це збільшення розмірів рослин, підвищення врожайності гібридів першого покоління при різних схрещуваннях. В наступних поколіннях гетерозис зменшується. Гетерозис широко використовується у рослинництві. Урожайність гібридів кукурудзи і соняшнику на 10-30% більша у порівнянні із сортами популяціями. Розроблені економічно вигідні методи отримання гібридного насіння у різних сільськогосподарських культур.

### **Лабораторна робота № 13** **Визначення ритміки росту пагонів**

Мета роботи: навчитися визначати ритміку росту у однорічних пагонів рослин.

Матеріали та обладнання: однорічні пагони рослин, лінійки.

#### **Хід роботи.**

Взяти 10 однорічних пагонів, які не гілкуються. Заміряти віддаль між бруньками, починаючи із верхівкової. Результати записати до таблиці і визначити середнє значення. Визначити приріст між ярусами і за результатами побудуйте графік (на осі X – порядковий номер яруса, на осі Y – віддаль між бруньками).

Завдання: визначити ритміку росту у рослин (згідно індивідуального завдання).

#### **Контрольні запитання**

1. Що таке ріст у рослин?

2. Які показники використовуються для визначення росту у рослин?
3. Які типи росту органів характерні для рослин?
4. Чи можливо віднести до категорії ростових явищ: набухання насіння у воді; набухання бруньок навесні? Поясніть.
5. Які фактори зовнішнього середовища впливають на інтенсивність росту рослин?
6. Розкрийте фази росту клітин та їх особливості.
7. Назвіть типи добової ритмічності росту рослин.

### **Лабораторна робота № 14**

#### **Визначення життєздатності насіння за допомогою анілінових барвників**

Мета роботи: навчитися визначати життєздатність насіння сільськогосподарських культур за допомогою анілінових барвників.

Матеріали та обладнання: замочене у воді протягом однієї доби насіння пшениці та соняшнику, 0,1 % розчин фуксину кислого, леза, препарувальні голки, склянки, термостат, лупи.

Пояснення. Визначення схожості та енергії проростання насіння шляхом пророщування при оптимальних умовах є простим та досить надійним методом. Проте він потребує певного відрізка часу. При дефіциті його застосовують фарбування тканин аніліновими барвниками, що ґрунтується на неоднаковому відношенні до них мертвих і живих клітин. Так, жива цитоплазма непроникна для фуксину кислого, тоді як мертва легко його пропускає.

#### **Хід роботи.**

Замочують живе та мертво насіння сільськогосподарських культур у воді протягом певного часу. Наприклад, для пшениці і ячменю 5 годин, жита – 2 години. Мертве насіння отримують шляхом попереднього прогрівання його в термостаті при температурі 70-80°C протягом 2 годин. Замочене насіння розрізають в напрямку від зародка навпіл, стежачи, щоб поверхня зрізу була гладенькою. Його поміщають в 0,1% розчин фуксину кислого. Експозицію визначають за таблицею 4.

Таблиця 4

Тривалість замочування насіння сільськогосподарських культур в розчині  
фуксину кислого

| Культура                         | Тривалість |
|----------------------------------|------------|
| Пшениця, жито, ячмінь, кукурудза | 10-15 хв.  |
| Конопля, редиска, капуста        | 30 хв.     |
| Кавуни, гарбузи                  | 1 год.     |
| Горох, вика, соя, люпин          | 2-3 год.   |

Після фарбування насіння промивають водою, розкладають на фільтровальному папері і розглядають під лупою. До життєздатного відносять насіння з повністю незабарвленим зародком, із слабкозабарвленим корінцем і окремими площами на корінцях і сім'ядолях. До нежиттєздатного відносять насіння з повністю або частково забарвленим зародком та із інтенсивними великими плямами на корінці і сім'ядолях.

**Завдання:** визначити життєздатність насіння сільськогосподарських культур.

### **Контрольні запитання:**

1. Поясніть чому мертві тканини забарвлюються фуксином кислим?
2. Що таке спокій у рослин?
3. Обґрунтуйте явище післязбирального дозрівання насіння сільськогосподарських культур.
4. Що таке тропічні рухи у рослин?
5. Визначте до яких категорій руху відносяться наступні явища: повертання кошиків соняшнику до сонця; підняття соломини злаків після вилягання; ріст пилкових трубок в напрямку до зав'язі, закривання суцвіть кульбаби в похмуру погоду; ріст ростків насіння вгору, а корінців вниз. Відповідь обґрунтуйте.
6. Як визначити бруньки знаходяться в стані глибокого чи вимушеного спокою?

### **Запитання для самостійної роботи:**

1. Розкрийте періодичність і ритмічність росту у рослин.
2. Тропізми як ростові рухи рослин.
3. Настичні рухи у рослин, які фактори їх викликають та значення їх в житті рослин?
4. Обґрунтуйте типи росту органів у рослин.
5. Охарактеризуйте фази росту клітини.
6. Спокій у рослин.
7. Охарактеризуйте основні фактори зовнішнього середовища, які впливають на ріст рослин.

## **Тема: Розвиток рослин**

Проблема індивідуального розвитку є однією із найбільш актуальних проблем сучасної біології. Вивчення закономірностей розвитку рослин, причин його старіння дозволить розробити ефективні методи управління їх розвитком, а звичайно і підвищити врожайність сільськогосподарських культур.

Всім різноманітним представникам живої природи, починаючи від простих організмів до рослин, тварин і людини властива загальна закономірність: існувати і розвиватися в певних умовах, які суттєво впливають на розвиток організмів.

Під індивідуальним розвитком рослин розуміють проходження ними нормального життєвого циклу від запліднення яйцеклітини до природної смерті. Онтогенез – це послідовна зміна певних етапів на протязі свого життя. За характером свого розвитку рослини діляться на однорічні, дворічні і багаторічні. Рослини, які квітнуть і плодоносять один раз в житті називаються монокарпічними. До них належать однорічні рослини і деякі багаторічні, наприклад бамбук. Багато монокарпічних рослин відносяться до дворічних, в тому числі морква, капуста, буряки та інші.

Рослини, які квітнуть і плодоносять багато разів називаються

полікарпічними. Це багаторічні плодові рослини. Особливість їх в тому, що після досягання плодів вони не гинуть. Проте ділення рослин на моно- і полікарпічні в певній мірі має умовний характер. При зміні умов вирощування багато монокарпічних рослин стають полікарпічними. Пшениця і жито – однорічні рослини, але серед них є багаторічні полікарпічні форми.

Умови зовнішнього середовища мають значний вплив на розвиток рослин. Вплив тривалості світлового дня виявляється в явищі фотоперіодизму. Це реакція рослин на тривалість дня. Рослини бувають короткого, довгого дня і нейтральні.

До рослин довгого дня відносяться ті, які цвітуть і плодоносять при тривалості дня не менше 12 годин і прискорюють свій розвиток при подовженні світлового дня. Це пшениця, жито, ячмінь, капуста, гірчиця, горох, цукрові буряки, картопля та інші. В групу рослин короткого дня входять рослини, які прискорюють свій розвиток при скороченні світлового дня. До них належать суданська трава, кукурудза, просо, всі гарбузові, соя, табак, хміль. Нейтральні рослини не змінюють характеру свого розвитку при зміні тривалості дня. До них відноситься гречка.

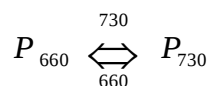
Серед рослин, які ростуть в помірних широтах, більшість відноситься до рослин довгого дня, а рослини південного походження у більшості випадків короткоденні. Для нормального росту вони потребують сонячне світло високої інтенсивності з великою кількістю короткохвильових променів. Рослини довгого дня навпаки краще розвиваються при довгохвильових променях.

Крім фотоперіодизму у рослин існує термoperіодизм. Встановлено, що для тропічних рослин різниця між денними і нічними температурами повинна становити 3-6°C, рослин помірного поясу – 5-7°C, а рослин пустель – 10°C і більше.

Реакція рослин на зміну температурного режиму у рослин довгого дня співпадає з високою їх чутливістю до червоних променів, а у рослин короткого дня – з максимальною чутливістю до темноти.

Фотобіологічні реакції рослин регулюються пігментною фітохромною системою. Особливість її в тому, що ефект викликаний червоними і синіми променями, як правило, анулюється наступним опромінюванням рослин променями довгочервоного світла.

Фітохром – це пігмент білкової природи. Він містить багато амінокислот таких як серін, аланін, лейцин, аспаргін, глутамін. Фітохром здатний переходити з однієї форми в іншу під дією відповідної довжини хвилі:



Встановлено, що інтенсивність світла для таких перетворень настільки низька, що не впливає на процес фотосинтезу.

Структура фітохрому близька до фікобілінів. При дії на нього променів з довжиною хвилі 660 нм він знебарвлюється, а з довжиною 730 нм – стає синього кольору. Такі перетворення фітохрому дозволяють змінити штамбову форму квасолі на стелющу.

Багато вчених вважають, що всі явища росту і цвітіння рослин потрібно

розглядати з точки зору значення довго- і середньохвильової червоної частини спектру. Фітохром є основною сполукою, яка регулює фотоперіодичну реакцію і морфогенез рослин:

*Світло → фітохром → ДНК → Морфогенез*

Спираючись на те, що короткоденні рослини вступають у фазу цвітіння швидше в умовах короткого дня в 1937 році Чайлахян розробив так звану гормональну теорію розвитку рослин. Основу її становить положення про синтез гормону цвітіння – флориген. Гіпотетична його концентрація викликає перехід рослин у фазу плодоношення. В даний час гіпотеза флоригену передбачає комплекс гормонів, які регулюють розвиток рослин.

Добре відомо, що на протязі росту і розвитку рослин відбуваються певні закономірні зміни їх ознак і властивостей. Це явище називають віковою мінливістю. Вчення про вікову мінливість розроблено фізіологом Кренке. Свої погляди він виклав в теорії циклічного старіння і омолодіння рослин. Суть її в наступному:

1. Кожен організм, починаючи з моменту свого виникнення постійно старіє.
2. Безперервне старіння рослин в першій половині життя переривається періодичним омолодінням шляхом формування нових органів, стебел і листків.
3. На фізіологічний стан нових органів в цілому впливає старіючий організм. Існує поняття фізіологічний вік органу, який складається із власного віку і віку рослини. Тому в межах дерева листки на стеблах вищих порядків є більш фізіологічно старими у порівнянні з листками нижчих порядків гілкування.
4. Циклічність онтогенетичного розвитку заключається в тому, що дочірні клітини при виникненні з материнської є тимчасово омолодженими, що веде до омолодіння конусу наростання.
5. Швидкість старіння, а в цілому і тривалість життя рослин, визначається їх генетичними можливостями.

На думку багатьох фізіологів циклічна теорія розвитку рослин має як позитивні, що визначають її практичне значення, так і негативні сторони.

Останнім часом ріст і розвиток рослин досліджується на молекулярному рівні, що привело до виникнення молекулярної теорії розвитку. В її основі лежать положення про спадковість організмів, тобто їх здатність зберігати і передавати нащадкам інформацію про свої ознаки і властивості, а також ріст і розвиток.

Процесами матеріальної передачі спадковості керують хромосоми ядра. Вони складаються із ДНК, яка в свою чергу шляхом певної послідовності нуклеотидів, зберігає інформацію про структуру білків рослини. Нащадкам спадкова інформація передається в результаті реплікації молекули ДНК і білкового синтезу. Отже, вважається, що передача спадкової інформації здійснюється за наступною схемою:

*ДНК → РНК → Білок → Обмін речовин → Формування ознак і властивостей*

Згідно теорії генетика Жакоба і біохіміка Моно, сполуки, що індукують

або гальмують синтез того чи іншого фермента впливають на структурні гени шляхом подвійної генетичної інформації. Існують структурні гени, що визначають послідовність амінокислот в білках. Вони зібрані в оперони. Робота структурних генів в оперонах регулюється геном оператором і геном регулятором через синтез речовин репресорів або індукторів.

### **Лабораторна робота № 15** **Спостереження за геотропічною реакцією рослин**

Мета роботи: дослідити залежність росту осьових органів рослин від сили земного тяжіння.

Матеріали та обладнання: скляні банки, скло для закривання їх, скляні пластинки, на яких за закріплюють проростки гороху, квасолі, кукурудзи чи інших культур, фільтрувальний папір.

Пояснення. Корені рослин характеризуються позитивним геотропізмом, а стебла – негативним. Це явище пов'язане із впливом на рослини сили земного тяжіння, яке сприймається, згідно з сучасними дослідженнями, кореневим чохликом. При горизонтальному положенні проростка корінь згинається вниз, а стебло – догори. Це відбувається залежно від гормонального статусу нижньої і верхньої частин проростка, який заходиться в горизонтальному положенні.

#### **Хід роботи.**

Явище геотропізму найкраще спостерігати на заздалегідь виготовлених препаратах. Для роботи використовують проростки гороху і квасолі.

Щоб вивчити геотропізм, квадратну скляну пластину обгортають папером і прикріплюють до неї в нормальному положенні кілька пророслих насінин. Потім на дно скляної банки наливають трохи води і ставлять у неї вертикально квадратну пластинку з рослиною. Банку закривають зверху склом. Коли корінці виростуть на 8-10 см, квадратну пластинку з насінням повертають на 180°C. При цьому спостерігають, що корінь росте в напрямку до Землі. В протилежному напрямку – від центра Землі – росте стебло.

Завдання: дослідити явище геотропізму у рослин.

#### **Контрольні запитання:**

1. Поясніть суть явища геотропізму.
2. Що таке онтогенез?
3. Що таке фотоперіодизм і його роль в житті рослин?
4. Обґрунтуйте гормональну теорію розвитку рослин.

#### **Запитання для самостійної роботи:**

1. Визначення онтогенезу у рослин.
2. Фотоперіодична реакція рослин.
3. Термоперіодизм у рослин.
4. Роль фітохромної системи в житті рослин.
5. Фітогормони та їх значення для рослин.
6. Теорія циклічного старіння рослин.
7. Молекулярна теорія розвитку рослин.

## Модуль VI

### Тема: Пристосування і стійкість рослин

Урожайність сільськогосподарських культур визначається не лише їх генетичними можливостями, а й умовами зовнішнього середовища. Серед них найбільший вплив на ріст і розвиток рослин мають вода, температура і вологість повітря, родючість та хімічний склад ґрунту. Тому у формуванні високих і сталих врожаїв сільськогосподарських культур важливе місце належить таким біологічним властивостям як посухостійкість, жаростійкість, зимостійкість, морозостійкість та іншим.

Посухостійкими рослинами вважаються ті, які здатні в процесі онтогенезу пристосуватися до негативної дії посухи, рости, розвиватися і розмножуватися завдяки ряду ознак і властивостей, які виникли у них в процесі еволюції під впливом зовнішніх умов середовища. Іншими словами це здатність рослин переносити посуху з найменшою шкодою для себе, а звичайно і з найменшим зменшенням урожайності.

Поняття посухостійкості включає явище жаростійкості, тобто здатності рослин витримувати перегрів і обезводнення тканин. Високі температури негативно впливають на білково-ліпідний комплекс, який є основою біологічних мембран і регулює осмотичні властивості клітин. Деякі види організмів можуть розвиватися при температурі 70°C і вище. Це синьо-зелені водорості і бактерії, які живуть в гейзерах. Із вищих рослин високою жаростійкістю володіють кактуси. Вони витримують нагрівання до 50-60°C. Із культурних рослин найбільш жаростійкими є теплолюбиві рослини такі як рис, рицина, сорго, бавовник. Посуха буває ґрунтова і повітряна. Причинами ґрунтової посухи є відсутність дощів протягом довгого періоду, випаровування води з поверхні ґрунту і транспірації рослин, що веде до пересихання кореневмісного шару ґрунту.

Атмосферна посуха викликається масами сухого і нагрітого повітря. Посуха як атмосферна, так і ґрунтова затримує ріст рослин, зменшує їх листову поверхню, що в свою чергу знижує інтенсивність фотосинтезу, а звичайно і урожай.

К.А.Тімірязєв у 1893 році опублікував статтю “Боротьба рослин із посухою”. В результаті вивчення втрат води рослинами він встановив, що рослинам властиві ряд механізмів, які захищають їх від посухи. Насамперед це закриття продихів, наявність кутикули і опушення, які зменшують інтенсивність транспірації. Крім того інтенсивність транспірації безпосередньо пов’язана з надходженням води у рослини.

Проблему посухостійкості рослин досліджували багато вчених. Головним висновком є твердження про те, що посухостійкість рослин може забезпечуватися різними механізмами, які виникли у них у процесі еволюції або ж під дією тих чи інших агротехнічних прийомів. Головним фактором, що сприяє формуванню у рослин посухостійкості – це нестача води. Він є найбільш ефективним в процесі онтогенетичного розвитку.

І.В.Мічурін з метою отримання посухостійких сортів вирощував рослини

в умовах недостатнього водозабезпечення. Погляди на можливість формування посухостійкості рослин в онтогенезі складають основу загартування рослин. Фізіологічні його основи розроблені і запропоновані ПА. Генкелем.

Посухостійкість рослин змінюється під впливом добрив: калійні і фосфорні добрива підвищують посухостійкість, азотні, особливо, у великих дозах, – зменшують. Підвищенню посухостійкості сільськогосподарських культур сприяють добрива, які містять мікроелементи, наприклад цинк і мідь.

Посухостійкі сорти при великому водному дефіциті характеризуються синтетичною направленістю діяльності своїх ферментів, тоді як у менш посухостійких переважає гідролітична направленість. Посухостійкі сорти озимої пшениці мають більший вміст зв'язаної води, вищу концентрацію клітинного соку, вищий поріг коагуляції білків і більшу інтенсивність накопичення сухих речовин.

Холодостійкість – це здатність теплолюбивих рослин переносити температуру дещо вищу  $0^{\circ}\text{C}$ . Загибель теплолюбних рослин при низьких позитивних температурах настає внаслідок надмірного підвищення в'язкості протопласту і змін в системі колоїдів.

Здатність рослин витримувати температуру нижчу  $0^{\circ}\text{C}$  називається морозостійкістю. Рослини у зимовий період знаходяться в різному стані: однорічні – у вигляді зрілого насіння, абсолютно нечутливого до дії морозів, багаторічні – у формі бульб, кореневищ, які добре захищені від морозів землею і снігом.

Озимі сільськогосподарські рослини і дерева взимку навіть промерзають наскрізь, але не гинуть. Це обумовлено їх високою морозостійкістю.

Рослини пошкоджені морозом втрачають тургор, їх листки коричневіють і засихають. При відтаванні замерзлих бульб картоплі вода легко витікає із клітин. Таке явище викликане змінами в протопласті і його коагуляцією. Крім того протопласт збезводнюється внаслідок утворення кристалів льоду в міжклітинному просторі. Для кожної клітини характерна своя межа обезводнення і стискання. Наприклад, бульби картоплі гинуть відразу, цибуля, капуста витримують невелике промерзання, а озимі культури не гинуть при температурах мінус  $15-20^{\circ}\text{C}$ .

Морозостійкість рослин зумовлена рядом фізико-механічних змін у клітинах. У листках і інших частинах рослин накопичуються вуглеводи, а крохмаль майже відсутній. Вуглеводи є речовинами, які захищають білкові сполуки від промерзання, у результаті підвищення водоутримуючих сил протопласта та збільшують кількості зв'язаної води, яка не перетворюється у лід. Білкові речовини частково гідролізуються і переходять в більш стійку форму азотних сполук – амінокислоти, які при замерзанні у меншій мірі піддаються денатурації. У деяких дерев у результаті перетворень вуглеводів у корі накопичуються жири і ліпоїди. Вони не замерзають і підвищують їх морозостійкість. Велике значення для підвищення морозостійкості озимих культур має їх осіннє загартування. Суть його в тому, що при відносно низьких температурах і сонячному світлі накопичуються у рослинах у великих кількостях вуглеводи.

Процес загартування протікає у два етапи. Перший проходить при невисоких позитивних температурах і достатній кількості сонячних днів. Такі умови сприяють фотосинтезу і накопиченню вуглеводів у рослинах. Другий етап проходить після першого при температурах дещо нижчих  $0^{\circ}\text{C}$ . В цей період відбуваються біохімічні перетворення вуглеводів, зменшення загальної кількості води і збільшується кількість зв'язаної води. Після двох етапів загартування рослини легко витримують дію морозів.

Зимостійкість – це здатність рослин витримувати всі несприятливі умови зимового періоду. Крім низьких температур, озимі культури можуть загинути внаслідок дії льодової кірки, випрівання, вимокання і випирання.

Льодова кірка в більшості випадків виникає при умовах, коли морози досить часто змінюються відлигами. Під кіркою відмічається нестача кисню і рослини переходять на анаеробний тип дихання. В клітинах синтезується спирт, який токсично діє на рослини.

Випрівання рослин відмічається в умовах товстого шару снігу, який до того ж лежить протягом 2-3 місяців. При відлигах інтенсивність дихання збільшується, що веде до зменшення кількості вуглеводів і навесні такі рослини уражуються сніговою пліснявою (*Fusarium nivale*) і гинуть.

Вимокання озимих культур спостерігається весною у місцях довгого стояння снігової води. У рослин відбувається анаеробне дихання і вони гинуть внаслідок отруєння і виснаження.

Випирання характеризується розривом кореневої системи рослин. Воно відмічається при неодноразовому замерзанні і відтаванні верхнього шару (2-2,5см) ґрунту, коли нижній залишається незамерзлим.

Несприятливі умови для росту і розвитку рослин створюються також в результаті забруднення атмосфери різними газами, пилом і аерозолями\* які надходять із промислових підприємств. Рослини при цьому різко знижують урожайність і навіть гинуть.

Згідно сучасних даних токсичний газ проникає через продихи, розчинюється у воді і створюються кислоти або луги. Частина їх нейтралізується, а частина залишається у вільному стані. Кислоти здатні змінювати РН клітинного соку, руйнувати хлорофіл, збільшувати гідрофільність протоплазми, порушувати обмін речовин у клітинах, зменшувати інтенсивність фотосинтезу і збільшувати інтенсивність дихання.

Вивчення токсичної дії різних доз  $\text{SO}_2$  і  $\text{CL}_2$  показало, що для кожного виду рослин характерний свій рівень накопичення хлору в листках від 0,1 до 0,5, а сірки від 0,2 до 0,9 %. В цілому вважається, що газостійкими є ті рослини, які накопичують в тканинах підвищену кількість сірки і хлору.

Дослідженнями встановлено, що для озеленіння територій промислових підприємств необхідно використовувати насіння рослин, які росли на слабо-, або середньозасолених ґрунтах. Штучне засолення ґрунтів для вирощування саджанців із звичайного насіння також сприяє підвищенню газостійкості рослин.

Великі втрати врожаю сільськогосподарських культур спостерігаються в результаті ураження рослин хворобами. В роки епіфітотій вони можуть

становити 30 і навіть більше відсотків. У взаємовідношеннях рослини-господаря і паразита виділяють три етапи. Початковий етап – проростання спор. Цей процес успішно відбувається у середовищі, яке містить мінімальну кількість виділень тканин рослини-господаря. Тому рівень проникненості протоплазми має велике значення для зараження рослин паразитами. Другий етап – укорінення гіф гриба в тканинах рослин. Він залежить від товщини і характеру клітинних оболонок. Третій етап – встановлення фізіологічної взаємодії між гіфою гриба і цитоплазмою рослини-господаря. Якщо у рослини достатньо засобів захисту проти патогенного організму то його зараження не відбудеться, у протилежному випадку переможе паразит.

Для стійких форм рослин при зараженні їх паразитом характерна боротьба між рослиною і патогенним мікроорганізмом. В результаті створюються і накопичуються в цитоплазмі продукти окислення фенолів, які пропитують всю цитоплазму і оболонку клітини. Стійкість рослин проти інфекційних захворювань називається імунітетом. Виділяють імунітет абсолютний – повна стійкість проти даного захворювання і відносний – часткове ураження рослини залежно від умов зовнішнього середовища. У рослин існує ряд механізмів, які обумовлюють стійкість їх до хвороб: різний характер продихових рухів, кислотність клітинного соку, активність ферментів, характер обміну речовин, ступінь проникненості протоплазми, наявність сполук типу глюкозидів, алкалоїдів, фенолів. Відповідно цьому виділяють три види стійкості.

Перший – анатомо-морфологічна стійкість обумовлена щільністю структури тканин, товщиною клітинних оболонок, малим розміром міжклітинного простору.

Другий – фізіологічна стійкість, яка обумовлена характером продихових рухів, кислотністю і величиною осмотичного тиску клітинного соку.

Третій – хімічна стійкість пов'язана з накопиченням у клітинах хімічних сполук: глюкозидів, алкалоїдів і фенолів.

Стійкість рослин до ураження їх хворобами залежить від температури, світла, вологості ґрунту, мінерального живлення та інших факторів.

Для боротьби із грибними захворюваннями застосовують фунгіциди. Препарати фунгіцидів містять мідь, сірку, формалін, миш'як.

### **Лабораторна робота № 16**

#### **Визначення жаростійкості рослин (за методом Мацкова)**

Мета роботи: навчитися визначати жаростійкість рослин.

Матеріали та обладнання. Зелені листки різних рослин, водяна баня, термометри, 0,2 н розчин соляної кислоти, чашки Петрі, чайник із киплячою водою.

Пояснення. Вплив високих температур викликає пошкодження структури і функцій цитоплазматичних мембран. Зелений листок, занурений у розчин соляної кислоти після дії високої температури може набувати бурого забарвлення у результаті процесу феофітинізації, який матиме місце внаслідок

пошкодження мембранних структур клітини.

#### **Хід роботи.**

Нагрівають водяну баню до 40 °С, занурюють у неї по 5 листків кожного виду рослин і витримують протягом 30 хвилин. Після цього беруть першу пробу: витягують по одному листку кожного виду рослин і поміщають в чашку Петрі з холодною водою. Температуру води у водяній бані піднімають до 50°С і через 10 хвилин витягують ще по одному листку. Поміщають в нову чашку Петрі із холодною водою. Поступово температуру води у водяній бані доводять до 80°С, відбираючи проби через кожні 10 хвилин при підвищенні температури на 10°С.

Воду в чашках Петрі змінюють на 0,2 н розчин соляної кислоти і через 20 хвилин пошкодження листків оцінюють за величиною бурих плям. Результати записують до таблиці 5, позначивши відсутність побуріння знаком незначне побуріння “+”, побуріння понад 50% площі листка “++”, повне побуріння “+++”.

Таблиця 5

#### **Результати досліджень**

| Вид рослин | Ступінь пошкодження при температурі, °С |    |    |    |    |
|------------|-----------------------------------------|----|----|----|----|
|            | 40                                      | 50 | 60 | 70 | 80 |

Завдання: порівняти жаростійкість різних сільськогосподарських культур.

#### **Контрольні запитання:**

1. Що таке феофітинізація хлорофілу?
2. Які ознаки температурних пошкоджень рослин у природніх умовах?
3. Що таке жаростійкість у рослин?
4. У рослин якої екологічної групи найвищий рівень жаростійкості, а у якої – найнижчий?
5. Посухостійкість рослин.
6. Поясніть які листки швидше зав'ядають при ґрунтовій посузі – верхні чи нижні ?

#### **Лабораторна робота № 17**

#### **Захисний вплив цукру на коагуляцію білків цитоплазми під дією низьких температур**

Мета роботи: вивчити вплив низькомолекулярних вуглеводів на стабілізацію біоколоїдів.

Матеріали та обладнання: клубені картоплі, 0,5 та 1 н розчин сахарози, лід, кухонна сіль, 0,6 н розчин кухонної солі, терка, марля, колби, піпетки, пробірки, термометри, ніж.

Пояснення. Порухення структури і функцій білків цитоплазми може бути спричинено коагуляцією їх під дією несприятливих факторів середовища. В процесі онтогенезу. під впливом пошкоджуючих факторів в клітинах інтенсифікується синтез захисних речовин, зокрема низькомолекулярних вуглеводів, які виявляють стабілізуючий вплив на структуру біоколоїдів. Ці сполуки називають кріопротекторами.

### **Хід роботи.**

Труть на тертці очищені бульби картоплі, відціжують сік крізь подвійний шар марлі в колбу і дають крохмалю відстоятися. Надосадову рідину розливають у пробірки по 2,5 мл. В першу пробірку додають 2,5 мл дистильованої води, в другу 2,5 мл 0,5 М розчин сахарози, а в третю – 2 М розчину сахарози, в 4 – 2,5 мл 0,6 н розчину кухонної солі. Вміст пробірок пермішують і ставлять у холодильник. Пробіркам дають відстоятися і не струшуючи, спостерігають утворення осаду коагульованого білку.

Завдання: дослідити вплив сахарози і хлориду натрію на коагуляцію білків.

### **Контрольні запитання:**

1. Що таке холодостійкість рослин?
2. Як низькі температури впливають на білки?
3. В чому проявляється захисна дія цукрів на білки цитоплазми?
4. Чим пояснити, що хвоя сосни, яка взимку здатна витримувати морози до 40°C, влітку гине при штучному охолодженні до – 8°C?
5. Чим обумовлюється морозостійкість озимих культур?

## **Лабораторна робота № 18**

### **Визначення життєздатності озимих зернових культур за допомогою вітальних барвників**

Мета роботи: навчитися визначати життєздатність озимих зернових культур методом забарвлення вузлів кущіння.

Матеріал та обладнання: розкушені рослини пшениці після дії морозів, 0,5 % розчин тетразолу, леза, препарувальні голки, чашки Петрі.

Пояснення. Існують різні методи визначення стану озимих культур як в зимовий період так і після їх перизимівлі рано весною. Більшість із них трудомісткі і потребують певного часу. Тому в останній час широко використовують вітальні барвники для визначення життєздатності озимих зернових культур.

### **Хід роботи.**

Тетразол у звичайному стані сполука безбарвна. В живих клітинах під дією ферментів він перетворюється на формазан – сполуку малинового кольору. У мертвих і пошкоджених клітинах формазан не утворюється і нежиттєздатні клітини забарвлення не набувають.

Лезом роблять поздовжні зрізи через середину конуса наростання пшениці. Одержані половинки занурюють в 0,5 % розчин тетразолу і витримують 1 год при 40°C в термостаті. Після цього підраховують кількість живих і мертвих рослин. У живих рослин конус наростання набуває рожевого кольору, у мертвих він безбарвний. Слід враховувати також, що мертві тканини можуть набувати темно-бурого забарвлення, тому до мертвих відносять рослини безбарвні з інтенсивним темно-бурим забарвленням. До живих – темно-рожеві.

Завдання: провести оцінку перезимівлі рослин озимої пшениці.

### **Контрольні запитання:**

1. Назвіть можливі причини загибелі рослин озимих культур у зимовий період.
2. Охарактеризуйте етапи загартування озимих зернових культур.
3. Що більш шкідливо для рослин: зимові морози чи весняні заморозки?

### **Запитання для самостійної роботи:**

1. Посухостійкість та жаростійкість рослин.
2. Зимостійкість озимих культур.
3. Холодостійкість рослин.
4. Газостійкість та стійкість рослин до враження хворобами.

### **Запитання для екзаменаційних тестів:**

1. Дайте визначення золи.
2. Який із хімічних елементів не входять до складу золи?
3. В чому суть біологічного поглинання мікроелементів.
4. Основним джерелом мікроелементів у ґрунті є
5. Який із елементів живлення рослин впливає на співвідношення зерна і соломки у зернових культур?
6. До складу якої амінокислоти входить сірка.
7. Дайте визначення фізіологічно нейтральної солі.
8. У якій кількості входять макроелементи до складу рослин?
9. Який із елементів входить до складу хлорофілу?
10. Яку сполуку азоту здатні поглинати рослини?
11. Чи всі бобові рослини сприяють збільшенню кількості азоту у ґрунті?
12. Який із елементів збільшує гідрофільність протоплазми?
13. Який із хімічних елементів не входять до складу золи?
14. Яка із солей є фізіологічно кислою?
15. Якщо до клітини надходить іон калію ( $K^+$ ) то на який іон він буде обмінюватися?
16. У якій кількості входять ультрамікроелементи до складу рослин ?
17. Яка із сполук сірки є токсичною для рослин?
18. У якій формі сірка надходить до рослин?
19. У якій формі сірка рухається по рослині?
20. У якій формі фосфор надходить у рослини?
21. Дайте визначення фізіологічно кислої солі.
22. Чи здатний калій до повторного використання у рослинах.
23. У яких органах більший вміст кальцію?
24. Яка із солей є фізіологічно лужною?
25. Чи приймає кальцій участь у нейтралізації органічних кислот клітини?
26. У якій формі кальцій знаходиться у рослинній клітині?
27. У якій кількості входять мікроелементи до складу рослин?
28. Яку сполуку азоту здатні поглинати рослини?

29. Яка із сільськогосподарських рослин здатна до симбіозу із бульбочковими бактеріями?
30. Яка із сільськогосподарських рослин не здатна до симбіозу із бульбочковими бактеріями?
31. Який із елементів живлення рослини засвоюють завдяки симбіозу із бульбочковими бактеріями.
32. Які переваги мають рослини, що здатні утворювати симбіоз із бульбочковими бактеріями?
33. У яку форму перетворюють бульбочкові бактерії молекулярний азот повітря?
34. Чи рекомендується проводити інокуляцію насіння сої бульбочковими бактеріями гороху?
35. Який із хімічних елементів не входять до складу золи?
36. Інокуляцію насіння бобових культур бульбочковими бактеріями рекомендують проводити.
37. За допомогою якого механізму елементи живлення надходять до рослинної клітини?
38. Яким із способів використання мінеральних добрив можливо, найшвидше подолати дефіцит того чи іншого елементу живлення?
39. За допомогою якого механізму великі за розмірами хімічні молекули можуть надходити до рослинної клітини?
40. Якщо до клітини надходить іон калію ( $\text{NH}^+$ ) то на який іон він буде обмінюватися?
41. Якщо до клітини надходить іон калію ( $\text{NO}_3^-$ ) то на який іон він буде обмінюватися?
42. Дайте визначення фізіологічно лужної солі.
43. Яка із солей є фізіологічно нейтральною?
44. Обмінні іони у клітинах рослин виникають в результаті.
45. Яка із форм азоту може бути токсичною для рослин?
46. Яка із форм азоту може накопичуватися у клітинах рослин і не викликати токсичності?
47. Яка із кислот є первинним акцептором аміаку при синтезі амінокислот?
48. Які хімічні елементи, що входять до складу рослин називають зольними?
49. Які органи рослин мають найбільший вміст золи?
50. Для доброго азотного живлення у клітинах рослин у достатній кількості мають бути присутні.
51. У якому стані сірка входить до складу органічних сполук?
52. До складу яких органічних речовин входить фосфор?
53. Яка кількість фосфору знаходиться у рослинах у іонній формі?
54. У якій формі калій знаходиться у клітині?
55. У яких органах більший вміст калію?
56. Як впливає кальцій на гідрофільність протоплазми?
57. Які із сільськогосподарських культур найбільш чутливі до кальцію?

58. Які з сільськогосподарських культур найбільш чутливі до бору?
59. До складу яких органічних речовин входить азот?
60. Чи здатні рослини поглинати через кореневу систему органічні форми азоту?
61. У якій формі азот знаходиться у амінокислотах ?
62. Чи властива бульбочковим бактеріям видова специфічність?
63. Яке із положень не належить до переваг позакореневого живлення перед корневим живленням рослин?
64. Дайте визначення ризосфери
65. Яка із рослин виділяє фосфорну кислоту через кореневу систему ?
66. Першим етапом надходження елементів живлення до рослин є
67. Які рослини мають найбільшу потребу у натрії?
68. На якому етапі засвоєння хімічних елементів рослинами можливий їх зворотній рух, наприклад якщо кореневу систему рослин помістити у дистильовану воду?
69. Охарактеризуйте явище хлорозу у сільськогосподарських культур.
70. Яка із рослин не виділяє фосфорну кислоту через кореневу систему?
71. Дайте визначення хемотропізму.
72. Дайте визначення глибокого спокою у рослин.
73. Базальний тип росту характеризується.
74. Яка із фаз росту клітин характеризується відсутністю вакуолю?
75. Дайте визначення термонастіям.
76. Охарактеризуйте вугловий тип добової ритмічності росту рослин.
77. Дайте визначення тропізмів у рослин.
78. Позитивний геотропізм виявляється.
79. До ортотропних органів у рослин відносять.
80. Дайте визначення фототропічних рухів у рослин.
81. До яких рухів відносяться рухи у рослин, коли квітки у окремих видів рослин закриваються на ніч.
82. Що лежить в основі фототропічних рухів у рослин?
83. Дайте визначення гідро тропізму.
84. Дайте визначення настичних рухів у рослин.
85. Охарактеризуйте двохвильовий тип добової ритмічності росту рослин.
86. До яких рухів відносяться рухи, що пов'язані із відкриттям квіток, коли Ви їх заносите до кімнати?
87. До едафічних факторів, що впливають на ріст рослин відносять.
88. До біотичних факторів, що впливають на ріст рослин відносять.
89. До кліматичних факторів, що впливають на ріст рослин відносять.
90. В якому із явищ виявляється генетичні фактори росту рослин ?
91. Головною особливістю гетерозису є.
92. Генеративний гетерозис у рослин проявляється.
93. Вегетативний гетерозис у рослин проявляється.
94. Який фототропізм є характерним для коренів більшості рослин?
95. Дайте визначення спокою у рослин.
96. Дайте визначення вимушеного спокою у рослин.

97. Який тип спокою характерний для насіння, що взимку зберігається у сховищах?
98. До плагіатропних органів у рослин відносять.
99. Який тип спокою характерний для свіжозбібраного насіння?
100. До якого типу спокою належить явище післязбирального дозрівання насіння?
101. В чому проявляється явище післязбирального дозрівання насіння?
102. Апікальний тип росту характеризується.
103. Інтеркалярний тип росту характеризується.
104. Ріст рослин відбувається завдяки.
105. В результаті поміщення насіння гороху у воду відбувається збільшення об'єму насінин. Це можна віднести до явища росту?
106. У якій фазі клітини здатні до ділення?
107. Завдяки якому явищу кількість клітин, що перебувають у ембріональній фазі залишається відносно сталою?
108. У якому із періодів життєвого циклу зменшується оводненість клітин?
109. Дайте визначення ніктінастіям.
110. Завдяки чому із кожної клітини тієї чи іншої рослини можна отримати повноцінну рослину?
111. У яку із фаз росту клітини інтенсивно збільшується кількість цитоплазми?
112. Дайте визначення явища поліплоїдії у рослин.
113. Охарактеризуйте синусоїдальний тип добової ритмічності росту рослин.
114. Дайте визначення геотропізму у рослин.
115. До діатропних органів у рослин відносять.

### Рекомендована література

1. Біохімія. Підручник / Кучеренко М.Є., Бабенюк Ю.Д., Васильєв О.М., Виноградова Р.П., Войціцький В.М., Курський М.Д., Рибальченко В.К., Цудзевич Б.О. – К.: ВПЦ «Київський університет», 2002. – 480 с.
2. І.П. Григорюк, О.А. Бойко, С.В. Прилуцька Фізіологія рослин з основами біохімії. Практикум. – К.: ТОВ «Аграр Медіа Груп», 2014. – 144 с.
3. Макрушин М.М., та інші. Фізіологія сільськогосподарських рослин з основами біохімії. – К.: Урожай, 1995. – 334 с.
4. Макрушин М.М., Макрушина Є. М., Петерсон Н. В., Мельников М. М. Фізіологія рослин / За редакцією професора М. М. Макрушина. Підручник. – Вінниця: Нова Книга, 2006. – 416 с.
5. Молекулярна біологія. Підручник / Сиволоб А.В. – К: ВПЦ «Київський університет», 2008. – 384 с.
6. Слободян С.М. Фізіологія рослин (Конспект лабораторного практикуму з контрольними питаннями для самостійної роботи), 1998. – 22 с.
7. Фізіологія рослин: Практикум / Байрон О.В., Чикаленко В.Г., Славний П.С. та ін. За ред. М.М. Мусієнка. – К.: Вища школа, 1995. – 191 с.