

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

Методичні рекомендації з фізіології рослин

для виконання лабораторних робіт здобувачами вищої освіти першого
бакалаврського рівня спеціальності 201 – Агронімія

Затверджено на засіданні
кафедри загального
землеробства
Протокол від 01.06.2022 р.

м. Кропивницький, 2022 р.

Методичні рекомендації з фізіології рослин для виконання лабораторних робіт здобувачами вищої освіти першого бакалаврського рівня спеціальності 201 – Агрономія / Укладач: Мостіпан М.І., Корнічева Г.І. – Кропивницький. ЦНТУ, 2022. – 54 с.

Рецензент:

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

Зміст

Вступ	3
Тема: Фізіологія рослинної клітини	4
Лабораторна робота № 1. Спостереження явища плазмолізу і деплазмолізу	5
Лабораторна робота № 2. Визначення проникненості живої та мертвої протоплазми для клітинного соку	6
Тема: Водобмін у рослин	8
Лабораторна робота № 3. Визначення осмотичного тиску клітинного соку методом вимірювання відрізків	10
Лабораторна робота № 4. Методи визначення транспірації та її показники	12
Лабораторна робота № 5. Визначення інтенсивності транспірації і відносної транспірації за ваговим методом	14
Тема: Фотосинтез	16
Лабораторна робота № 6. Визначення інтенсивності фотосинтезу методом асиміляційної колби	19
Лабораторна робота № 7. Визначення величини листкового індексу	21
Тема: Дихання у рослин	22
Лабораторна робота № 8. Визначення інтенсивності дихання по кількості виділеної вуглекислоти	27
Лабораторна робота № 9. Визначення коефіцієнту дихання у рослин	28
Лабораторна робота № 10. Визначення втрати сухих речовин при проростанні насіння	30
Тема: Мінеральне живлення	31
Лабораторна робота № 11. Визначення об'єму кореневої системи рослин	37
Тема: Синтез, перетворення та переміщення органічних речовин у рослинах	38
Лабораторна робота № 12. Кислотний гідроліз крохмалю	43
Тема: Ріст рослин	45
Лабораторна робота № 13. Визначення ритміки росту пагонів	49
Тема: Пристосування і стійкість рослин	49
Лабораторна робота № 14. Визначення жаростійкості рослин (за методом Мацкова)	53
Використана література	54

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.

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.

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. Головна їх мета полягає в тому, щоб надати допомогу здобувачам освіти першого бакалаврського рівня при підготовці до виконання лабораторних робіт. Після кожної теми приводиться перелік контрольних запитань, які необхідні для самоконтролю знань по засвоєнню цієї чи іншої теми.

Тема: Фізіологія рослинної клітини

Тіла рослинних організмів складаються із елементарних клітин. Вони є основою життя рослин. В клітинах відбуваються безперервні біохімічні процеси, без яких життя рослин неможливе. Ріст і розвиток рослин відбувається завдяки діленню клітин.

В хімічному відношенні клітини складаються із води (80-85 %), білків (10%), нуклеїнових кислот (1,1%), вуглеводів та ліпідів (2%), інших органічних речовин (0,4 %), мінеральних речовин (1,5 %).

Вода в клітинах знаходиться в двох формах: вільна і зв'язана.

Для рослинної клітини, як живої системи, характерні не окремі біохімічні реакції, а певна послідовність в якій вони відбуваються. Велику роль в біохімічних процесах відіграють біологічні каталізатори – ферменти.

Ферменти – це речовини білкової природи, які створюються в процесі життя рослин і своєю участю в обміні речовин забезпечують єдність між організмом і зовнішнім середовищем.

Ферменти ділять на однокомпонентні і двокомпонентні. Перші складаються лише із білкових молекул, другі – із білкової частини, яка носить назву апоферменту і органічної сполуки небілкової природи – коферменту. В двокомпонентних ферментах білок-носії називають також фероном, а небілкову активну групу – агоном.

Каталітичні властивості ферментів визначаються головним чином їх активним центром, який складається із 250-500 амінокислотних залишків.

Біохімічні реакції між двома видами молекул можуть відбуватися лише за умови їх активації, тобто у випадку отримання додаткової енергії. Фермент знижує енергію активації, необхідну для даної біохімічної реакції, спрямовуючи її через проміжні реакції, які потребують меншої кількості енергії.

Міжнародним біохімічним Союзом в 1961 році ферменти класифікували на шість класів:

- 1) Оксидоредуктази,
- 2) Трансферази,
- 3) Гідролази,
- 4) Ізомерази,
- 5) Ліази,
- 6) Лігази.

В живій клітині завжди підтримується певне співвідношення води, солей і органічних сполук, що регулюється обміном речовин із зовнішнім середовищем, без якого життя рослин неможливе.

Здатність протоплазми пропускати через себе речовини носить назву напівпроникненості. Мінеральні речовини та органічні сполуки можуть проникати в клітину шляхом дифузії, адсорбції, активного переносу та піноцитозу.

Лабораторна робота № 1

Спостереження явища плазмолізу і деплазмолізу

Мета роботи: Спостереження явища плазмолізу і деплазмолізу під мікроскопом.

Матеріали та обладнання: цибулина, 1М розчин сахарози, лезо, препарувальна голка, скальпель, мікроскоп, предметне і покривне скло, фільтрувальний папір, спиртівка, пінцет, сірнику.

Пояснення. Для кожної клітини можливо підібрати наступні розчини: 1) гіпотонічний, у якого концентрація менша ніж концентрація клітинного соку: 2) ізотонічний – має концентрацію рівну концентрації клітинного соку: 3) гіпертонічний, у якого концентрація більша ніж концентрація клітинного соку. Якщо помістити рослинну клітину в гіпертонічний розчин то буде спостерігатися обезводнення клітини до тих пір, поки концентрація клітинного соку і зовнішнього розчину не урівноважаться. Внаслідок обезводнення протоплазми клітинні стінки скорочуються до повної втрати тургору. Після цього розпочинається плазмоліз – явище відставання протопласту від клітинної оболонки.

Спочатку протопласт відстає від клітинної оболонки в кутках клітини і носить назву куткового плазмолізу. Потім протопласт відстає в інших місцях із створенням увігнутих поверхонь і називається ввігнутим плазмолізом. В кінці протопласт приймає округлу форму і такий плазмоліз носить назву випуклого. У випадках великої в'язкості протопласта виникає судорожний плазмоліз, який характеризується нерівномірним відходженням протопласту від клітинної оболонки.

Речовини, які викликають явище плазмолізу називаються плазмолітиками. В їх якості використовують нетоксичні речовини, які погано проникають через цитоплазму у вакуолю. До них належать сахароза, кухонна сіль та інші.

Процес зникнення плазмолізу називають деплазмолізом.

Хід роботи.

Зробити лезом зріз епідермісу клітини, якого містять антоціан. Зріз помістити у краплю води на предметне скло, накрити покривним склом і розглянути клітини під мікроскопом. Потім воду замінити на 1М розчин сахарози. Для цього із одного боку покривного скла нанести краплю розчину, а з протилежного боку за допомогою фільтрувального паперу відтягнути воду. Це повторюють 2-3 рази до повної заміни води розчином сахарози. В цей період необхідно проводити спостереження в мікроскоп. Через 10-15 хвилин плазмоліз буде добре помітним. Для спостереження явища деплазмолізу необхідно провести зворотню процедуру.

Завдання: провести спостереження за явищем плазмолізу і деплазмолізу.

Контрольні запитання:

1. Що таке плазмоліз і його причини?
2. Які речовини відносяться до плазмолітиків?
3. Чи здатні до плазмолізу мертві клітини?
4. З яких розчинів клітини здатні поглинати воду?

5. Поясніть водообмін між клітиною і зовнішнім середовищем при виникненні явища плазмолізу.
6. Клітина з концентрацією клітинного соку 0,4М поміщена в розчин який має концентрацію 0,6М. Поясніть водообмін між клітиною і розчином.
7. Два шматочки епідермісу відповідно з живими та мертвими клітинами помістили в гіпертонічний розчин сахарози. Яка картина буде спостерігатися при цьому? Чому?
8. Клітини листків рослин озимої пшениці, які перезимували помістили в гіпертонічний розчин сахарози. Плазмоліз наступив лише у клітинах 20% рослин. Які рослини добре перенесли зиму?
9. На якій підставі плазмоліз клітин використовують для діагностики ступеня пошкодження рослин під впливом несприятливих факторів зовнішнього середовища (мороз, посуха, високі температури)?

Лабораторна робота № 2

Визначення проникненості живої і мертвої протоплазми для клітинного соку

Мета роботи: навчитися визначати проникненість живої і мертвої протоплазми для клітинного соку.

Матеріали та обладнання: столовий буряк, спиртівка, пробірки, лезо.

Пояснення. Здатність протоплазми пропускати через себе речовина одержала назву проникненості. Вона пов'язана із біологічними мембранами такими як плазмолема і тонопласт. При їх пошкодженні протоплазма втрачає здатність утримувати ті речовини, які знаходяться в ній, а тому вони можуть вільно виходити в зовнішнє середовище. Легкість з якою поверхневі біологічні мембрани пропускають одні речовини і не пропускають інші вказує на особливості їх будови.

Різна проникненість мембран є важливою властивістю клітини. Це дозволяє їй утримувати відносно постійний склад в різних за хімічним складом середовищах. Завдяки цьому з-клітин водних рослин не вимиваються такі водорозчинні речовини як вуглеводи. Без неї існування підводних рослин було б взагалі неможливим. Але з іншого боку такі речовини як кисень, що виникає у клітинах при фотосинтезі, та вуглекислота - при диханні, вільно проходять через поверхневі протоплазматичні мембрани. Досить легко проникають через мембрани також мінеральні солі та вода. Плазмолема в дуже слабкій мірі прониклива для сахарів, білків, амінокислот та водневих іонів. Не дивлячись на це клітини зеленої паренхіми, в яких проходить синтез вуглеводів, здатні пропускати їх через свою протоплазму в інші клітини.

Плазмолема і тонопласт мають різну будову. Плазмолема є молекулярною мембраною із ліпідів, а тонопласт побудований із двох шарів ліпідів. У зв'язку з різною будовою їм властива і різна проникненість. Плазмолема більш прониклива у порівнянні із тонопластом.

Проникненість протоплазми залежить від багатьох факторів: хімічного складу, будови речовин, електричного заряду як на біологічних мембранах, так і на речовинах, що проникають в клітину. Вплив температури на швидкість

проникнення речовин виявляється лише для тих, що легко проникають в клітину.

Вибіркова проникненість характеризує властивість живої протоплазми зберігати константність внутріклітинного середовища. При пошкодженні клітини цитоплазма втрачає цю властивість і речовини вільно виходять із клітини. Ступінь пошкодження корелює з кількістю речовин, що виділяються у навколишнє середовище. Таким чином, інтенсивність виходу речовин із клітини служить критерієм її пошкодження.

Жива протоплазма втрачає властивість напівпроникненості при дії на клітину високих та низьких температур, токсичних речовин та солей важких металів внаслідок коагуляції колоїдів.

Хід роботи.

Вирізати із очищеного столового буряка кубики із стороною на більше 1 см. Їх добре промити водою і потім помістити в наступні пробірки:

1. В пробірку № 1 налити 5мл. водопровідної води;
2. В пробірку № 2 із шматочком буряку влити воду, потім кип'ятити на протягом 3 хвилин для того щоб убити клітини. Після цього гарячу воду зливають і кубик буряку заливають 5 мл холодної води;
3. В пробірку № 3 налити 5мл. 30% оцтової кислоти;
4. В пробірку № 4 налити 5мл. 50% спирту.

Через 30 хвилин пробірки стружують і порівнюють забарвлення розчину в кожній пробірці.

Завдання: Визначити проникненість живої і мертвої протоплазми, зробити малюнки та висновки.

Контрольні запитання:

1. Що таке проникненість протоплазми?
2. Від яких клітинних структур залежить проникненість протоплазми?
3. Які фактори можуть привести до втрати клітиною проникненості?
4. Наведіть приклади, які підтверджують втрату клітинами проникненості.
5. Яке значення має проникненість протоплазми клітин в житті рослин?

Запитання для самостійної роботи

1. Будова клітини та функції окремих клітинних органел.
2. Хімічний склад клітини.
3. Будова і властивості ферментів.
4. Класифікація ферментів та роль окремих груп ферментів в житті рослин.
5. Теорія ферментативного каталізу.
6. Білки і їх значення в житті рослин.
7. Вуглеводи та їх значення.
8. Ліпіди та їх значення.
9. Конститутивні і адаптивні ферменти. Ізоферменти.
10. Фізичні властивості протоплазми і їх значення в житті рослин.
11. Механізми надходження органічних і мінеральних речовин у клітину.

Тема: Водообмін у рослин

Вода є необхідною умовою існування рослин на Земній кулі. Вміст води в рослинах становить 70-80%, а в деяких випадках навіть 90%.

Вода в житті рослин відіграє велике значення. Це насамперед основне середовище, де відбуваються біохімічні процеси. Вода також виступає хімічною сполукою, що приймає участь в таких важливих процесах як гідроліз, синтез, фотосинтез та інші. Вона необхідна для охолодження рослин та переміщенню органічних і мінеральних сполук.

Надходження води в клітину підчиняється законам осмосу. Осмос – це повільна дифузія молекул розчинника і речовин через напівпроникнені мембрани. Осмос і осмотичний тиск відіграє велику роль в біологічних явищах. Осмотичний тиск це сила, яку здатний розвивати розчин при поглинанні води через напівпроникнену перегородку. Рослинну клітину можливо розглядати як осмотичну систему, в якій розчином виступає клітинний сік, напівпроникненою перегородкою – біологічні мембрани плазмолема і тонопласт та розчинником – ґрунтова вода.

Осмотичний тиск визначають за формулою, яка запропонована Вант-Гофом:

$$P = C \cdot R \cdot T \cdot i, \text{ де} \quad (1)$$

P – осмотичний тиск, атм

C – концентрація, моль/л;

R – газова стала, 0,0083 кДж/(град моль);

T – абсолютна температура, $273^{\circ} + 1^{\circ}\text{C}$;

i – ізотонічний коефіцієнт.

В результаті осмотичного надходження води у вакуолу в клітині створюється гідростатичний тиск, який називається тургорним. При повному насиченні клітини водою осмотичний тиск (P) буде рівнятися тургорному (T).

$$P = T \text{ або } P - T = 0 \quad (2)$$

При випаровуванні води із клітин їх об'єм зменшується, а осмотичний тиск зростає, тому що в меншому об'ємі міститься така ж кількість розчинених у воді речовин. Тому при випаровуванні води із клітин, осмотичний тиск вищий за тургорний і він становить:

$$P = T + S, \quad (3)$$

Величина S – це сила, яка зумовлює надходження води у вакуолу і носить назву сисної сили або водного потенціалу:

$$S = P - T. \quad (4)$$

Вода в рослині надходить і рухається по них завдяки існуванню трьох механізмів:

1. Кореневий тиск;
2. Транспірація;
3. Сили зчеплення між молекулами води.

Кореневий тиск це сила, яка обумовлює рух водного розчину в живих клітинах і виділення його в судини. В основі виникнення кореневого тиску

лежить осмотичний процес. Активний рух води в рослинах, який виникає внаслідок кореневого тиску проявляється в явищах плачу рослин та гутації.

Плач рослин це виділення водяного розчину через пошкоджені органи у рослин. Гутація – виділення рослинами води через гідатоци листків.

Транспірація це процес випарування води рослинами. Вона відіграє важливу роль в житті рослин. Насамперед вона є одним із головних механізмів надходження і переміщення води по рослинах і особливо високорослих. Так, у багаторічних порід дерев всисна сила транспірації в багато разів перевищує силу кореневого тиску. Транспірація також позитивно впливає на повітряне живлення рослин та захищає їх від перегрівання. Розрізняють продихову і кутикулярну транспірацію. У більшості рослин на першому місці знаходиться продихова транспірація. Її інтенсивність залежно від умов навколишнього середовища складає від 15 до 250 г/м²/год. За своє життя рослини поглинають і транспірують величезну кількість води. Про це переконливо свідчать транспіраційні коефіцієнти. У сільськогосподарських культур вони становлять від 200 до 1050, тобто на 1 тону сухої речовини витрачається 200 - 1050 т. води. Рослини здатні регулювати транспірацію шляхом закриття і відкриття продихів. У деяких рослин в процесі еволюції створилися пристосування, які зменшують інтенсивність транспірації. До них відносяться кутикула, опушення, поглиблене розміщення продихів та інші.

Сили зчеплення між молекулами води як фактор переміщення води по рослинах забезпечують безперервність водних потоків. Відомо, що в рослинах вода і розчинені в ній речовини переміщуються шляхом дифузії і у вигляді току. Виділяють висхідний тік, по якому рухаються вода і розчинені речовини від кореневої системи в надземні органи, і тік пластичних речовин.

Дефіцит води в ґрунті може викликати у рослин тимчасове або довгострокове в'янення. При тимчасовому в'яненні відмічається припинення процесу фотосинтезу і різке підвищення інтенсивності дихання. Проте, протягом ночі водний баланс при тимчасовому в'яненні стає позитивним. При довгостроковому в'яненні, крім зупинки фотосинтезу і підвищення інтенсивності дихання, спостерігається порушення діяльності ферментів, змінюється хід інших фізіологічних процесів та відмічається відмирання корневих волосків. Після довгострокового в'янення рослини можуть відновити позитивний водний баланс лише після рясних дощів та формування нових корневих волосків.

Для отримання високих і стабільних урожаїв сільськогосподарських культур в зонах недостатнього та нестійкого зволоження застосовують 11 зрошення. Для найбільш ефективного використання води при зрошенні важливо правильно визначити і раціонально розподілити поливну норму в період вегетації рослин і встановити надійні та прості методи діагностики стану водного режиму. З цією метою рекомендується використовувати такі показники:

- концентрація клітинного соку;
- осмотичний тиск клітинного соку;
- сисну силу листків; стан продихів.

Лабораторна робота №3

Визначення осмотичного тиску клітинного соку методом вимірювання відрізків

Мета роботи: навчитися визначати осмотичний тиск в клітинах рослин.

Матеріали та обладнання: бульба картоплі, 1М розчин хлористого натрію, вода дистильована, пінцет, скальпель, олівець для скла, лінійки.

Пояснення. Тиск, який здатний розвивати розчин, поглинаючи воду через напівпроникнену перегородку, називається осмотичним. Розмір осмотичного тиску прямопропорційний концентрації розчину і абсолютній температурі. Концентрацію клітинного соку, який є розчином органічних і мінеральних речовин, в більшості випадків визначають за величиною осмотичного тиску. Найбільш простий метод його визначення це вимірювання довжини відрізків в різних за концентрацією розчинах хлористого натрію.

Для визначення осмотичного тиску клітинного соку шляхом вимірювання відрізків їх поміщають в ряд розчинів відомої концентрації. Відомо, що гіпертонічні розчини будуть викликати обезводнення клітин відрізків, а ті в свою чергу будуть зменшуватися в розмірах. В гіпотонічних розчинах, навпаки, клітини будуть поглинати воду і відрізки збільшуватимуться. В ізотонічних розчинах рух води не буде проходити і довжина відрізків залишатиметься без змін.

Визначивши концентрацію ізотонічного розчину, вираховують осмотичний тиск за формулою Вант-Гоффа :

$$P = RCTi, \quad (5)$$

де P - осмотичний тиск, атм;

R - універсальна газова стала (0,0823 кДж / (град моль));

T - абсолютна температура (273° + 1°С);

C - ізотонічна концентрація, моль/л;

i- ізотонічний коефіцієнт.

Для розчинів електролітів ізотонічний коефіцієнт залежить від іонів, на які розкладається молекула і від ступеня дисоціації.

Значення ізотонічного коефіцієнту приведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Значення ізотонічного коефіцієнту для кухонної солі при різних концентраціях

Концентрація, М	1,0	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,01
Ізотонічний коефіцієнт	1,62	1,64	1,66	1,68	1,70	1,73	1,75	1,78	1,83	1,93

Хід роботи.

Приготувати по 20мл. розчинів NaCl наступних концентрацій 1,0; 0,8; 0,6; 4; 0,2 і 0,1 М. Взяти 7 пробірок і налити в першу із них дистильовану воду, а в наступні - розчини NaCl вищевказаних концентрацій.

Із бульби картоплі вирізати відрізки товщиною 1-2 мм і довжиною 25-30

мм. їх ретельно виміряти з точністю до 0,5 мм. Під час вирізання відрізків не слід допускати їх підсихання, або ж попадання на них води.

Помістити по одному відрізку в пробірки. Вони повинні бути повністю покриті розчином. Через 30 хвилин дістати відрізки із пробірок і провести їх вимірювання. Результати записати до таблиці 2.

Таблиця 2

Результати вимірювання відрізків

Показник, мм	Концентрація розчину, М						
	Вода	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
Початкова довжина відрізка							
Довжина відрізка через 30 хвилин							
Зміна довжини відрізка							

Завдання: визначити осмотичний тиск в клітинах бульби картоплі.

Контрольні запитання:

1. Що таке осмотичний тиск?
2. Від яких факторів залежить осмотичний тиск?
3. Яка залежність між осмотичним тиском і сисною силою клітин?
4. У яких рослин більший осмотичний тиск: у рослин, що ростуть на засоленних ґрунтах, чи звичайних?
5. Чому у рослин степової зони більший осмотичний тиск ніж у рослин Полісся?
6. Розрахуйте сисну силу клітинного соку, якщо відомо, що в розчині з концентрацією 0,3 М розміри клітин збільшилися, а в розчині з концентрацією 0,4 М залишилися без змін. Температура під час досліду становить 25°C.
7. Клітина знаходиться в стані повного насичення водою. Осмотичний тиск клітинного соку становить 0,8 кПа. Розрахуйте сисну силу і тургорний тиск клітини.
8. Шматочки однієї і тієї ж рослинної тканини поміщені в розчини, осмотичний тиск яких становить 5,0; 6,0; 7,0; 10,0; 12,0; 16,0; 18,0 і 20,0 кПа, осмотичний тиск клітинного соку 15,0 кПа. В яких розчинах клітини будуть: поглинати воду, віддавати воду, знаходитися в стані плазмолізу?
9. Клітина знаходиться в стані початкового плазмолізу. Розрахуйте осмотичний і тургорний тиск даної клітини, якщо сисна сила її становить 5 атм.
10. Сисна сила клітини становить 5 атм. Розрахуйте тургорний тиск клітини, якщо відомо, що осмотичний становить 12 атм.
11. Клітина поміщена в розчин, концентрація якого становить 0,6 М. Поясніть рух води, коли відомо, що осмотичний тиск клітини складає 10 атм., а температура розчину 15°C.

Лабораторна робота № 4

Методи визначення транспірації та її показники

Мета роботи: вивчити методи визначення транспірації її показники і навчитися використовувати їх на практиці.

Матеріали та обладнання: індивідуальне завдання для розрахунків продуктивності транспірації, коефіцієнта транспірації.

Пояснення. Процес випаровування води рослинами називають транспірацією.

Транспірацію можна визначати різними методами, які об'єднуються в три групи: вагові, які враховують транспірацію по зміні маси рослин за відповідний відрізок часу; методи по визначенню кількості водяної пари і методи по визначенню води, що поглинається кореневою системою замість тієї, що випаровується при транспірації.

Вагові методи мають переваги перед іншими тому, що дають реальну величину води, що транспірується рослинами. Для цього рослини вирощують в сосудах і через відповідні відрізки часу їх зважують. Різниця між початковою і кінцевою вагою буде свідчити про кількість води, яку рослини випарували за певний відрізок часу. Використовують нижче приведену формулу.

$$T = M_1 - M_2, \quad (6)$$

де T - кількість води яка витрачена на транспірацію, г;

M_1 - маса рослини на початку дослідження, г;

M_2 - маса рослини в кінці дослідження, г.

Визначення транспірації в польових умовах проводять за зміною маси зрізаних частин рослин в перші декілька хвилин після зрізання. За цей відрізок часу у зрізаної рослини або її частини транспірація зберігається на тому ж рівні як і у живої рослини. Цей метод був вперше рекомендований Івановим і забезпечив добрі результати для рослин з невисокою інтенсивністю транспірації. Проте, у рослин з високою інтенсивністю транспірації в перші хвилини після перерізування стебла спостерігається різке підвищення інтенсивності транспірації. У зв'язку з цим Ріхтер запропонував під час зрізання стебла різ негайно обробляти рідиною, яка швидко згущується.

При визначенні транспірації по урахуванню водяної пари, що виділяється під час транспірації, рослину або ж її частину поміщають у скляну камеру через яку продувають повітря і за допомогою гігроскопічних речовин (P_2O_5 і $CaCl_2$) зв'язують воду, що міститься у повітрі. Цим методом можна визначати транспірацію як в польових так і в лабораторних умовах. Необхідно пам'ятати, що за таких умов можлива похибка при визначенні транспірації.

Дуже часто при зв'язуванні водяної пари використовують гігроскопічні речовини, які змінюють своє забарвлення при поглинанні води. На цьому базується хлоркобальтовий метод. Сухий фільтрувальний папір насичений хлористим кобальтом має синій колір, тоді як при поглинанні води стає рожевим. По швидкості зміни кольору паперу, який розміщують між листком і скляною пластинкою, судять про інтенсивність транспірації. Метод дозволяє досить швидко виявити відмінності у транспірації у великій кількості рослин.

При визначенні транспірації за кількостею води, яка поглинається

рослинами їх поміщають в потометри і спостерігають за переміщенням води у боковій трубці.

В той же час добре відомо, що кількість води, яка поглинається рослинами, не завжди співпадає з кількістю води витраченою на транспірацію. Тому даний метод більш достовірно характеризує сисну силу кореневої системи, а не інтенсивність транспірації.

Для визначення транспірації у рослин, які ростуть у полі поки що не рекомендовано надійних методів. В цьому випадку для визначення показників транспірації виходять із позицій балансу води у ґрунті на площі, яка зайнята рослинами. Це так званий балансний метод. Прихід води визначають за кількостею опадів, що випали на дану площу та запасів води у ґрунті на початку проведення досліджень. Витрати вода складають наступні показники: запаси води у ґрунті в кінці досліджень, випарування води з поверхні ґрунту, кількість води, що проникає у нижні шари ґрунту і є недоступною для рослин. Різниця між надходженням води і її витратою буде становити транспірацію рослин.

Показники транспірації.

Кількість сухої речовини, що створюється рослиною при проходженні через неї 1 кг води називається продуктивністю транспірації. В середньому вона складає 3 грами і змінюється від 1 до 8 грамів сухої речовини на 1 кг води.

Кількість води, що випаровується рослинами з одиниці листової поверхні за одиницю часу називається інтенсивністю транспірації. В більшості випадків вона складає від 15 до 250 грамів на 1 см² за 1 годину в день і 1 - 20г. на 1 см² вночі. Цей показник може виражатися в грамах на 1 см², 1 дм², 1 м² за годину.

Транспіраційний коефіцієнт показує, яку кількість води рослини витрачають на створення одиниці сухої речовини. Його величина визначається як біологічними властивостями рослин так і природно-кліматичними умовами.

Сільськогосподарські культури мають наступні транспіраційні коефіцієнти:

1. Озима пшениця	440-600;
2. Яра пшениця	338-513;
3. Озиме жито	500-800;
4. Яре жито	350;
5. Ярий ячмінь	310-534;
6. Овес	376 - 800;
7. Кукурудза	250-400;
8. Просо	200-400;
9. Рис	500 - 80;
10. Сорго	280-37;
11. Гречка	500-600;
12. Соняшник	500 - 600;
13. Горох	270-800;
14. Картопля	300 - 636;
15. Цукрові буряки	350 - 450;
16. Люцерна	844.

Завдання: Вивчити і описати методи визначення транспірації та зробити розрахунки показників транспірації згідно індивідуального завдання.

Контрольні запитання:

1. Назвіть методи визначення транспірації?
2. Що таке продуктивність транспірації?
3. В чому полягає суть хлоркобальтового методу визначення транспірації?
4. У однієї рослини транспіраційний коефіцієнт становить 300, а у іншої продуктивність транспірації складає 5 г/л. Яка рослина більш економно витрачає воду?
5. Які фактори впливають на величину транспіраційного коефіцієнту?
6. Розрахуйте транспіраційний коефіцієнт дерева, яке випарувало за вегетаційний період 1,5 т води і накопичило за цей час 8 кг сухих речовин.
7. Продуктивність транспірації становить 4 г/л. Розрахуйте транспіраційний коефіцієнт.
8. За вегетаційний період рослини накопичили 4 кг сухих речовин і випарували за цей час 1125 кг води. Визначте продуктивність транспірації.
9. У одного виду рослин транспіраційний коефіцієнт становить 350, а у іншого продуктивність транспірації - 6 г/л. Яка рослина більш економно використовує воду. Обґрунтуйте.
10. У озимої пшениці в умовах Кіровоградської області транспіраційний коефіцієнт становить 375, а у проса в умовах Херсонської області продуктивність транспірації складає 4г/л. Яка культура є більш посухостійкою?

Лабораторна робота № 5

Визначення інтенсивності транспірації і відносної транспірації ваговим методом

Мета роботи: навчитися визначати інтенсивність транспірації та відносну транспірацію у рослин.

Матеріали та обладнання: кімнатні рослини , ваги ВЛТК-500, ножиці, папір, фільтрувальний папір, вода.

Пояснення. Відносна транспірація це відношення інтенсивності транспірації до інтенсивності, випаровування з відкритої водної поверхні при однакових умовах. Вона характеризує здатність рослин регулювати транспірацію. Виражається у відсотках або ж у вигляді десяткового дробу. Якщо вона становить 0,1-0,3, то така рослина добре регулює свою транспірацію, 0,5-0,6 – середньо і 0,8-0,9 – рослина не здатна регулювати транспірацію.

Ваговий метод базується на зважуванні рослини або ж окремої її гілки за певний проміжок часу. Але робота з цілою рослиною складніша і тому в більшості випадків працюють із окремими гілками рослин. їх зрізають (бажано під розтопленим парафіном для збереження водяних ниток в судинах) і двічі зважують. Інтервал між зважуваннями не повинен перевищувати 5 хвилин, тому що більш тривала експозиція приводить до в'янення листків і зменшення інтенсивності транспірації.

Хід роботи.

Зрізають гілку з рослини і швидко зважують її на вагах. Через 3-5 хвилин

гілку знову зважують.

Площу листової поверхні визначають ваговим методом. Для цього на папері вирізають контури листків рослини і зважують. На такому ж папері вирізають квадрат 10 x 10 см і зважують. Площу листків визначають за співвідношенням:

$$A/B=C/S, \quad (7)$$

де А - вага квадрату 10 x 10 см, г;

Б - вага паперових фігур листків рослини, г;

С - площа квадрату, см²;

С - площа листової поверхні, см².

Інтенсивність транспірації визначають по формулі:

$$I=n*60*10000/St, \quad (8)$$

де n - кількість води, що випарувала рослина під час досліду, г;

S - площа листків, см²;

t - тривалість досліду, хвилин;

60 - коефіцієнт переведення хвилин у години;

10000 - коефіцієнт переведення см² в м².

Для визначення відносної транспірації потрібно провести подібний дослід по визначенню інтенсивності випаровування води із відкритої водної поверхні при тих же самих умовах. Для цього використовують чашку Петрі з водою, яку зважують двічі з інтервалом 3-4 хвилини. Інтенсивність випаровування визначають по формулі (8). Відносну транспірацію розраховують за наступною формулою:

$$VT = I/E, \quad (9)$$

де I - інтенсивність транспірації;

E - інтенсивність випаровування.

Завдання: Визначити інтенсивність транспірації та відносну транспірацію і зробити висновок.

Контрольні запитання:

1. Яке біологічне значення транспірації?
2. Назвіть види транспірації у рослин.
3. Що таке відносна транспірація?
4. Стебло рослини зважене безпосередньо після зрізання мало вагу 11,36 г, а через 3 хвилини - 11,07г. Площа листової поверхні 250см². Визначте інтенсивність транспірації.
5. Розрахуйте яку кількість води випарує рослина за 4 хвилини, якщо п інтенсивність транспірації становить 130 г/м²/ год., а площа листової поверхні 340 см².
6. Стебло рослини має площу листової поверхні 1,4 дм² і за 5 хвилин випарувало 0,08г води. При тих же умовах із відкритої водної поверхні площею 40 см² за 3 години випарувалося 0,7 г. Визначте відносну транспірацію.
7. Папіроброблений розчином хлористого кобальту і висушений до світло синього кольору був прикріплений до двох сторін листка дуба. На нижній

стороні листка папір почервонів через 15 хвилин, тоді як на верхній лише через 2 години. Як пояснити отримані результати?

8. Обґрунтуйте чому листки верхніх ярусів рослин в'януть пізніше, ніж нижніх при виникненні ґрунтової посухи? Чому в спекотні часи стебла рослин стають тоншими, а увечері їх діаметр збільшується?
9. Листок рослини і посудина з водою які мають однакові площі за один і той же відрізок часу випарували однакову кількість води. Продихи складають лише 1% площі листка. Поясніть.

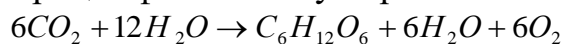
Запитання для самостійної роботи:

1. Водний режим і фізіологічні основи зрошення сільськогосподарських культур.
2. Значення антитранспірантів для сільськогосподарського виробництва.
3. Кореневий тиск як фактор поглинання води рослинами.
4. Стан води в клітинах рослин.
5. Рух води у рослинах.
6. Характеристика різних груп рослин за їх водним режимом.
7. Механізми поглинання води рослинами.
8. Транспірація у рослин та її біологічне значення.
9. Регуляція транспірації у рослин.
10. Вплив зовнішніх умов на інтенсивність транспірації у рослин.
11. Морфологічні та біологічні пристосування рослин до посухи.

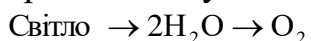
Тема: Фотосинтез

Фотосинтез це процес при якому відбувається поглинання сонячної енергії хлорофілом та іншими пігментами листків і перетворення її в хімічну, а також поглинання вуглекислого газу із повітря атмосфери і відновлення його в органічні сполуки із виділенням кисню.

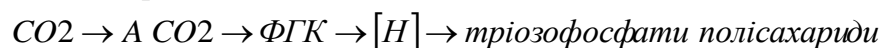
Процес фотосинтезу виражають наступним рівнянням:



Проте наведене рівняння не відображає фотосинтез як окисно-відновний процес і тому його можна виразити наступною схемою:



Акцептор



Таким чином, фотосинтез складається із взаємопов'язаних реакцій: окислення води до кисню і відновлення вуглекислого газу воднем до полісахаридів.

В процесі фотосинтезу приймають участь складні біологічні структури і клітинні системи. Фотосинтез відбувається в хлоропластах. Вони мають подвійну білково-ліпідну мембрану і заповнені біоколоїдами, які називаються

строю. В стромі розташована ламелярна система, яка складається із тілакоїдів. Внутрішні порожнини тілакоїдів створюють єдину замкнуту систему, що називається фотосинтетичною системою хлоропласту.

В склад фотосинтетичних мембран входять зелені пігменти хлорофіли та каротиноїди.

Взагалі всі пігменти рослин класифікують на чотири групи: хлорофіли до яких належать хлорофіл а, хлорофіл в, хлорофіл с, хлорофіл d і бактеріохлорофіл; каротиноїди – комплекс жовтих пігментів; фікобіліни – входять до складу водорослів; флавоноїдні пігменти до яких належать антоціани, флаволи і флавоноли.

В процесі фотосинтезу зелених рослин головну участь приймають зелені пігменти хлорофіли. Це комплекс органічних сполук, що містять чотири пірольних кільця і зв'язані між собою атомами магнію. Хлорофіл а і в відрізняються між собою не лише молекулярною масою, а й спектрами поглинання сонячної енергії. Хлорофіл а найбільш ефективно поглинає сонячні промені з довжиною хвилі 420 і 660 нм, а хлорофіл в – 435 і 643 нм.

Колір їх залежить від променів, які не поглинаються. Тому, зелений колір хлорофілу залежить від непоглинутих зелених променів.

Із загальної кількості сонячних променів в життєдіяльності рослин найбільш важливу роль відіграє проміння з довжиною хвилі 380-710 нм. Цей спектр називається фотосинтетично активною радіацією (ФАР). Загальна кількість сонячної радіації, що припадає на 1 гектар посіву за період вегетації в середньому складає 21,109 кДж/га, із них 8-109 кДж/га це ФАР.

Кількість ФАР, що поглинається посівом визначають за формулою, Дж/см² в 1 хвилину:

$$P = G - R - T_n + R_n, \text{ де} \quad (10)$$

P – поглинена радіація посівом;

G – сумарна радіація, яка надходить на посів;

R – радіація, відбита від посіву за верхні його межі;

T_n – радіація, що проникла до ґрунту;

R_n – радіація, відбита від ґрунту під рослинністю.

Ефективність фотосинтезу характеризують коефіцієнтом корисної дії (ККД), який визначають за формулою:

$$E = B \cdot 100 / A, \text{ де} \quad (11)$$

A – кількість енергії, що надійшла за період вегетації на 1 га, кДж;

B – кількість енергії, яка накопичена в органічній масі врожаю, кДж.

Коефіцієнт корисної дії для сільськогосподарських культур складає 0,5-1%, а теоретично можливий – 4-6 %.

Сучасні наукові уявлення про фотосинтез базуються на квантовій теорії світла. Згідно її положень, кожна молекула речовини при біохімічних реакціях поглинає частину світла – фотон або квант. Він має певний запас енергії для того, щоб провести у молекулі відповідні зміни. Вважається, якщо запас енергії менший, ніж необхідно енергії для даної реакції, то вона не відбудеться, а якщо він більший, то реакція відбудеться, але витрати енергії будуть

непродуктивними.

Енергія світла (E), що переноситься фотоном або квантом визначається за формулою:

$$E = h \cdot \nu = \frac{h \cdot c}{\lambda}, \text{ де} \quad (12)$$

h – світлова константа Планка ($6,21196 \cdot 10^{-34}$ Дж/с),

ν – частота коливань даної хвилі, Гц;

λ – довжина хвилі, нм;

c – швидкість світла (приблизно $3 \cdot 10^8$ м/с).

В фізіології рослин досить часто використовується термін квантовий вихід фотосинтезу – це кількість молекул вуглекислого газу, що відновлюється воднем води при витраті 1 кванту світла. Він складає 0,25. Таким чином, можна вважати, що на відновлення 1 молекули CO_2 витрачається 4 кванти червоного світла.

В результаті багаточисельних досліджень встановлено, що на відновлення 1 молекули CO_2 витрачається 8-12 квантів світла. Сумарний запас їх енергії складає 1004-1506 кДж/моль, тоді як для відновлення 1 моля CO_2 необхідно 472 кДж. Енергії. Вважається, що енергія 4 квантів перетворюється в хімічну і накопичується в продуктах фотосинтезу, решта витрачається на проміжні біохімічні реакції фотосинтезу і в кінцевому результаті вона перетворюється в тепло.

Основними етапами фотосинтезу є:

1. Поглинання пігментами листків фотонів світла, що несуть сонячну енергію, яка переноситься на АДФ із створенням АТФ тобто відбувається фотосинтетичне фосфорилування;

2. Фотоліз води (реакція Хілла): $\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}^+ + \text{O}^{2-}$, при цьому протон водню переноситься на НАДФ із наступним синтезом НАДФН₂ і виділенням кисню.

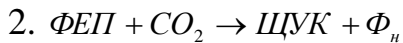
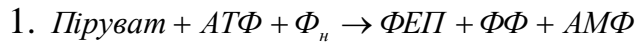
3. Поглинання листками рослин CO_2 і взаємодія його з рибульозо-1,5 дифосфат із створенням двох молекул фосфогліцеринової кислоти (ФГК).

4. Відновлення ФГК воднем і синтез фосфогліцеринового альдегіду, який полімеризується до гексози. Під час даних біохімічних реакцій відбувається також регенерація рибульози.

Перші два етапи називаються світлової фази фотосинтезу, а два останніх – темної фази фотосинтезу.

Результатами досліджень встановлено, що вуглекислий газ вступає в цикл із створенням фосфогліцеринової кислоти шляхом приєднання його до рибульозо-1,5-дифосфату. Фосфогліцеринова кислота відновлюється воднем і перетворюється в фосфогліцериновий альдегід. Під дією ферментів остання речовина перетворюється в фосфодіоксацетон, який взаємодіє з фосфогліцериновим альдегідом і синтезується фруктозо-1,6-дифосфат. Ця молекула є вихідною формою для синтезу сахарози та всіх інших вуглеводів рослин. Фруктозо-1,6-дифосфат може вступати в реакцію із фосфогліцериновим альдегідом в результаті якої синтезується рибульозофосфат, що є акцептором CO_2 . Тобто перетворення вуглекислого газу в процесі фотосинтезу має циклічний характер. Вищенаведена схема

перетворення вуглекислого газу в процесі фотосинтезу носить назву циклу Кальвіна. Але, у зелених рослин CO_2 може включатися в органічні сполуки і іншим шляхом. Так, у рослин тропічного походження існує фотосинтетичне створення чотирьохвуглецевих сполук (аспартату і манату), яке відбувається в результаті приєднання CO_2 до фосфоенолпіровиноградної кислоти (ФЕП). Виділяють чотири етапи фосфоенолпіруватного поглинання CO_2 :



3. Реакції перетворення ЩУК в малат і аспартат

4. Переміщення малата і аспарта до місць розташування ферментів циклу Кальвіна, відокремлення CO_2 і взаємодія його із рибульозо-1,6-дифосфатом. В результаті синтезується ФГК.

Таким чином, у даної групи рослин існує два взаємозв'язаних механізми поглинання CO_2 .

Для рослин C_4 характерна відсутність фотодихання і підвищений синтез органічних сполук. Вони світлолюбиві і позитивно реагують на цілодобове освітлення без різких змін температури в денні та нічні години.

Фотосинтез є складним фізіологічним процесом в якому проявляється взаємозв'язок рослин із навколишнім середовищем. Він залежить як від внутрішніх так і зовнішніх факторів. До того ж інтенсивність фотосинтезу неоднакова на протязі росту та розвитку рослин.

Поняття інтенсивності фотосинтезу потрібно відрізнити від продуктивності фотосинтезу.

Інтенсивність фотосинтезу це кількість CO_2 , що засвоюється одиницею листової поверхні в одиницю часу. Вона складає в межах 5-25 мг CO_2 на 1 дм² за годину. Чистою продуктивністю фотосинтезу називається відношення добового збільшення ваги рослин (в г) до площі листків. В більшості випадків вона складає 5-12 г сухої речовини на 1 м² за добу.

Існує ряд методів за допомогою яких можна визначити інтенсивність фотосинтезу рослин. Головними із них є наступні: 1) газометричне визначення інтенсивності фотосинтезу в природніх умовах; 2) радіометричний; 3) визначення чистої продуктивності фотосинтезу; 4) визначення інтенсивності фотосинтезу у водорості за кількістю виділеного кисню у воду; 5) манометричний; 6) метод інфрачервоної спектрометрії.

У більшості рослин інтенсивність фотосинтезу зростає від початку розвитку до фази бутонізації або ж цвітіння, а потім починає зменшуватись.

На інтенсивність фотосинтезу значний вплив мають вміст хлорофілу в листках рослин, інтенсивність світла і його спектральний склад, температура, водозабезпеченість, мінеральне живлення, вміст вуглекислого газу в навколишньому середовищі та інші фактори.

Лабораторна робота № 6

Визначення інтенсивності фотосинтезу методом асиміляційної колби.

Мета роботи: навчитися визначати інтенсивність фотосинтезу у рослин

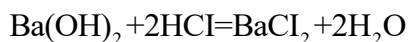
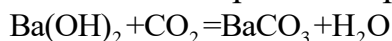
методом асиміляційної колби.

Матеріали та обладнання: 1) кімнатні рослини або ж зрізані гілки рослин, 2) 0,025 н розчин Ва(ОН)₂, 3) 0,025 н розчин НСІ із бюреткою, 4) фенолфталеїн, 5) однакові колби ємкістю 1,5 - 3,0 л - 2 штуки, 6) резинові пробки для закриття колб, 7) лезо, 8) технічні ваги, 9) ножиці, 10) міліметровий папір.

Пояснення. Метод базується на визначенні кількості вуглекислого газу, що поглинається листками рослин при фотосинтезі. Гілку або ж окремих листок поміщають у колбу і виставляють на світло на відповідний проміжок часу. Частина вуглекислоти, яка міститься у колбі поглинається листками. Потім зв'язують вуглекислоту, яка не використана в процесі фотосинтезу надлишком лугу, після чого вільну кількість лугу титрують соляною кислотою. Подібний дослід проводять із контрольною колбою.

При умові, якщо дослідна і контрольна колби мають однаковий об'єм і в них було налито однакову кількість лугу, то кількість поглиненої вуглекислоти при фотосинтезі буде прямопропорційна різниці титрування дослідної і контрольної колб.

Для встановлення якій кількості СО₂ відповідає 1мл. використаної для титрування кислоти потрібно співставити рівняння реакцій:



Із наведених рівнянь видно, що 1 молю НСІ відповідає 0,5 моля СО₂, тобто $44 : 2 = 22$ г СО₂.

При концентрації НСІ 0,025 н в 1 мл цього розчину міститься 0,000025 моля НСІ, що еквівалентно $22 \times 0,000025 = 0,00055$ г, або 0,55 мг СО₂.

Даний метод забезпечує досить точні результати при умові, що всі операції по відкриванню і заїфиванню колб проводяться не торкаючись скла руками. Для більш достовірного визначення інтенсивності фотосинтезу дослід проводять в двох повторностях і крім цього враховують дихання, для чого одну колбу обгортають чорним папером.

Хід роботи.

Взяти дві однакові колби і обгорнути їх горла папером. Витримати їх в однакових умовах відкритими на протязі 20-30 хвилин для заповнення їх повітрям. Потім одночасно вставити в них пробки із отворами, закритими резиновими пробками.

Зрізати гілку або окремих листок і поставити в пробірку із водою. Швидким але спокійним рухом вставити гілку з листками в колбу. Виставити її на світло і відмітити час. На протязі досліду стежити за температурою повітря в колбах і в разі необхідності охолоджувати їх водою. Важливо щоб температура на початку і в кінці досліду була однакою.

Тривалість досліду повинна бути такою, щоб рослини поглинули не більше 25 % вуглекислоти, яка міститься в колбі. Експериментально встановлено, що тривалість досліду із літровими колбами не повинна перевищувати 5 хвилин.

Після закінчення досліду необхідно дістати гілку або ж окремі листки із асиміляційної колби. Контрольну колбу також потрібно відкрити на

відповідний проміжок часу. В обидві колби налити по 20 мг Ва(ОН)₂ і 2-3 каплі фенолфталеїну.

Колби протягом 20 хвилин помірно стряхують, а потім проводять титрування 0,025 н НСІ до зникнення рожевого забарвлення.

Після визначення площі листової поверхні проводять розрахунки інтенсивності фотосинтезу по формулі:

$$F=(A-B) \cdot 0,55 \cdot 60 K / S t, \quad (13)$$

де А - кількість мг НСІ, що витрачена на титрування дослідної колби;

В - кількість мг НСІ, що витрачена на титрування контрольної колби;

К - поправка до титру НСІ;

0,55 - кількість мг СО₂, що відповідає 1 мг НСІ;

S - площа листків, дм₂;

T - тривалість досліду у хвиликах;

60 - перетворення хвилин у години.

Завдання: визначити інтенсивність фотосинтезу у рослин.

Контрольні запитання:

1. Що таке фотосинтез і його значення?
2. Назвіть методи за якими можна визначити інтенсивність фотосинтезу?
3. Які основні етапи фотосинтезу?
4. Які особливості мають рослини С₄ фотосинтезу?
5. За 30 хвилин стебло з площею листової поверхні 340 см² поглинуло 12 мг СО₂. Визначте інтенсивність фотосинтезу.
6. Рослина спочатку була опромінена зеленими а потім червоними променями.
7. В яких променях буде спостерігатися більш інтенсивніше поглинання СО₂?
8. Поясніть, чому глибоководні морські водорості мають червоний колір?
9. Чому деякі види рослин опівдні влітку виділяють СО₂?

Лабораторна робота № 7

Визначення величини листового індексу

Мета роботи: навчитися визначати листовий індекс у сільськогосподарських культур.

Матеріали і обладнання: рослини ячменю або пшениці, вирощені у вегетаційних сосудах, папір, терези, олівець, ножиці.

Пояснення. Основним фотосинтезуючим органом у рослин є листок. Звичайно, чим більш інтенсивно збільшується площа листової поверхні тим більше сонячної енергії поглинається рослинами, що в кінцевому результаті веде до зростання урожайності. Проте збільшення площі листків не завжди може вирішувати всіх питань продуктивності рослин на одиниці площі, так як це може привести до затінення одних листків іншими. В кожній ґрунтово-кліматичній зоні для кожного виду рослин або навіть сорту є оптимальна площа листків, яка забезпечує найбільшу продуктивність. У зв'язку з цим рекомендують використовувати листовий індекс. Це відношення площі листків всіх рослин до площі ґрунту на якому вони ростуть. Листовий індекс в межах 1,0-1,5 вважається

малим, а від 3 до 5 – середнім. Площу листкової поверхні – регулюють густотою стояння рослин, застосуванням добрив, зрошенням і напрямом розміщення рядків.

Хід роботи.

Взяти рослини озимої пшениці або ярого ячменю, вирощені у вегетаційних сосудах. Визначити площу вегетаційного сосуду і площу всіх листків рослин ваговим методом таким же чином як у лабораторній роботі № 5. Листковий індекс визначити як відношення площі листків рослин до площі ґрунту.

Завдання: визначити листковий індекс у озимої пшениці або ярого ячменю.

Контрольні запитання:

1. Що таке листковий індекс?
2. За допомогою яких агротехнічних прийомів можливо регулювати площу листкової поверхні?
3. Чи завжди збільшення площі листків рослин веде до зростання врожайності сільськогосподарських культур?
4. Зелений листок на світлі при температурі 25°C інтенсивно поглинав вуглекислий газ, а при підвищенні температури до 40°C почав виділяти вуглекислий газ. Чому?

Запитання для самостійної роботи:

1. Поглинання рослинами вуглекислоти в процесі фотосинтезу.
2. Які особливості фотосинтезу мають рослини тропічного походження?
3. Роль фотосинтезу у формуванні урожайності сільськогосподарських культур.
4. Хлорофіли їх будова і властивості.
5. Властивості каротиноїдів та їх роль у рослин.
6. Фікобіліни та флавоноїдні пігменти у рослин.
7. Основні етапи фотосинтезу.
8. Поглинання сонячної енергії рослинами в процесі фотосинтезу.
9. Вплив умов навколишнього середовища на інтенсивність фотосинтезу.

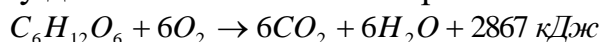
Тема: Дихання у рослин

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 CO₂. 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 CO_2 , H_2O 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.

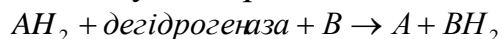


Молекулярний кисень

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 субстрату 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:

Субстрат → дегідрогеназа → ортохінон → поліфенолоксидаза → кисень

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.

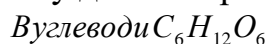
В рослинах, крім дегідрогеназ і оксидаз існує багаточисельна група проміжних ферментів, які по своїй хімічній природі відносяться до флавінів. Це двокомпонентні ферменти в яких білок з'єднаний з розчинним коферментом похідним вітаміну В₂. Найбільш поширеними є флавінмононуклеотид і флавінаденіндинуклеотид.

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 CO₂ і H₂O 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.

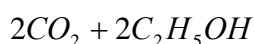
Загальну схему дихання рослин можна представити наступним чином:



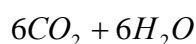
Проміжні продукти

CH₃COOH – 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:

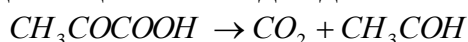


Життя зелених рослин при такому диханні довго продовжуватися не

може. Причинами смерті можуть бути як низький енергетичний вихід, так і отруєння сполуками, що виникають в результаті нього.

В рослинах може проходити декілька типів бродінь 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.

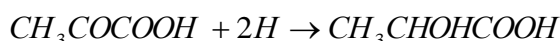
При спиртовому бродінні кінцевими сполуками є етиловий спирт і CO_2 . Спочатку пірвіноградна кислота відщеплює вуглекислоту і кінцевим продуктом реакції є оцтовий альдегід.



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



При молочнокислому бродінні пірвіноградна кислота відновлюється до молочної кислоти:

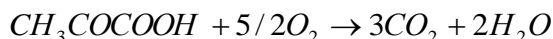


В разі маслянокислого бродіння вуглеводи розкладаються до масляної кислоти у відповідності із рівнянням:



При аеробному диханні, яке властиве всім організмам в тому числі і зеленим рослинам, пірвіноградна 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: пірвіноградна кислота оцтова кислота лимонна кислота ізолімонна 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 пірвіноградної кислоти окислюється до трьох молекул CO_2 і двох H_2O і поглинається при цьому 5 атомів кисню:



Враховуючи те, що із однієї молекули глюкози виникають дві молекули CH_3COCOON , то при їх повному окисленні виділяється шість молекул CO_2 і чотири молекули H_2O . Дві молекули води, як відомо, виникають на анаеробному етапі.

У вищих зелених рослин поряд з окисленням 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 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 бродіння 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 окисленні однієї молекули пірвіноградної кислоти в клітині синтезується 15 молекул АТФ, а так як із однієї гексози виникає дві молекули пірвіноградної 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 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°C . Бруньки дерев можуть дихати навіть при температурі $20-25^\circ \text{C}$ морозу. Інтенсивність дихання швидко зростає при підвищенні температури до 40°C , а після 50°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.

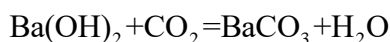
Лабораторна робота № 8

Визначення інтенсивності дихання по кількості виділеної вуглекислоти (по Бойсен-Іенсену)

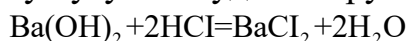
Мета роботи: навчитися визначати інтенсивність дихання у рослин.

Матеріали та обладнання: насіння сільськогосподарських культур або зелені листки, 0,1 н розчин $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 0,1 н розчин NaCl , фенолфталеїн, ваги, конічні колби і резинові пробки до них, парафін.

Пояснення. Для визначення інтенсивності дихання за кількістю вуглекислоти, що виділяється, в замкнутий посуд поміщують наважку досліджуваного матеріалу і відповідну кількість розчину лугу. Вуглекислота, яка виділяється при диханні, буде взаємодіяти із лугом, внаслідок чого концентрація розчину зменшиться:



Через деякий час решту лугу в сосудах титрують:



Одержаний результат титрування порівнюють із титруванням контрольної колби. Різниця між результатами титрування контрольної і дослідної колб буде прямопропорційна кількості вуглекислоти виділеної при диханні.

Тривалість досліду залежить від розміру наважки і інтенсивності дихання досліджуваного об'єкту. Якщо експозиція буде короткою, то різниця між результатами титрування буде недостовірною. Якщо ж в колбі залишиться мало лугу то може пройти неповне поглинання вуглекислоти. Бажано підібрати таку тривалість досліду, щоб на зв'язування CO_2 було витрачено 30-40% лугу.

Хід роботи

Взяти дві колби однакового об'єму. Налити в них по 10мл. 0,1 н розчину лугу $\text{Ba}(\text{OH})_2$ і 2-3 краплі фенолфталеїну. В одну з них, так звану дослідну колбу помістити наважку досліджуваного матеріалу. Обидві колби закрити розиновими пробками і відмітити час. Під час досліду обидві колби необхідно

легенько струшувати, щоб розрушувати плівку BaCO_3 , яка перешкоджає повноті поглинання вуглекислоти. При цьому необхідно стежити щоб луг не попадав на досліджуваний матеріал.

Через 1-2 години матеріал вийняти із дослідної колби і відмітити час. Провести титрування вільного лугу 0,1 н HCl до зникнення рожевого забарвлення. Контрольну колбу можна титрувати через 20 хвилин після початку досліду.

Інтенсивність дихання визначають за наступною формулою:

$$F=(A-B)*2,2 \cdot 60 * K / p \cdot t, \quad (14)$$

де А - результат титрування контрольної колби, мг;

В - результат титрування дослідної колби, мг;

К - поправка до титру HCl ;

2,2 - кількість мг CO_2 еквівалентне 1мл. 0,1 н HCl ;

p - маса наважки, г;

t - тривалість досліду, годин.

Завдання. Визначити інтенсивність дихання у різних рослин.

Контрольні запитання:

1. Що таке дихання і його значення?
2. Які ферментні системи приймають участь у диханні рослин?
3. Покажіть зв'язок бродіння і аеробного дихання у рослин?
4. Від яких факторів залежить інтенсивність дихання у рослин?
5. Поясніть чому для кращого зберігання овочів в сховищах підтримують низьку температуру?
6. За 30 хвилин 15г бруньок виділили 3мл. CO_2 . Визначте інтенсивність дихання на 1г сухої речовини за годину, якщо відомо, що вміст води в бруньках складає 60 %.
7. Існує думка, що квіти не бажано залишати на ніч в кімнаті, так як вони поглинають кисень, необхідний для дихання людини. Щоб дати відповідь потрібно підрахувати до якої величини знизиться вміст кисню в повітрі проти звичайного (21%) в кімнаті об'ємом 45m^3 протягом 10 годин за рахунок дихання рослин, які мають загальну вагу 2 кг, а середня інтенсивність дихання 12мл. O_2 на 1 г на добу.
8. Скільки CO_2 виділить 1 кг насіння за 10 діб, якщо відомо, що інтенсивність дихання складає 0,1 мг CO_2 на 1 г сухої речовини за годину, а вміст води в насінні 27%?

Лабораторна робота № 9

Визначення коефіцієнту дихання у рослин

Мета роботи: навчитися визначати коефіцієнт дихання у рослин і на його основі визначати хімічні сполуки, що виступають в якості субстрату.

Матеріали та обладнання: насіння різних сільськогосподарських культур, прилад для визначення коефіцієнту дихання у рослин, олія.

Пояснення. Важливим показником хімічної природи субстрату дихання є коефіцієнт дихання (ДК). Це відношення об'єму виділеного вуглекислого газу до об'єму поглиненого кисню при диханні рослин. При окисленні вуглеводів

ДК рівняється 1, жирів (більш відновлених сполук кисню поглинається більше, ніж виділяється CO_2) – ДК менше 1, а органічних кислот (сполук менш відновлених ніж вуглеводи) – ДК більше 1.

Значення ДК залежить і від інших факторів. В деяких тканинах через затруднення доступу кисню поряд із аеробним проходить і анаеробне дихання без поглинання кисню і тому ДК збільшується.

Прилад для визначення ДК складається з великої пробірки із щільною каучуковою пробкою, в яку вставляється зігнута під прямим кутом градуйована трубка з шкалою.

Хід роботи.

Половину пробірки заповнюють пророслим насінням соняшнику. Її добре закривають каучуковою пробкою із градуйованою трубкою. В кінець трубки піпеткою вводять невелику краплину олії, яка створює в приладі ізольовану атмосферу. Під час досліду обов'язково підтримують постійну температуру. Для цього прилад ставлять в штатив або ж колбу і не нагрівають його руками або диханням. Відмічають на скільки поділок шкали зміститься краплина олії у градуйованій трубці за дві хвилини. Для отримання достовірних результатів визначають середнє з декількох спостережень. Отримана величина (А) виражає різницю між об'ємом поглиненого при диханні насіння кисню і об'ємом виділеного вуглекислого газу.

Відкривають пробірку з насінням і поміщають в неї пінцетом полоску фільтрувального паперу, змоченого 20% розчином їдкого натрію. Знову закривають пробірку, поміщають у вимірювальну трубку краплину олії і визначають швидкість її руху при тій же температурі. Одержані дані виражають об'єм кисню (В), так як виділений при диханні вуглекислий газ зв'язувався лугом. Коефіцієнт дихання визначають за формулою:

$$\text{ДК} = (В - А) / В \quad (15)$$

Результати досліджень заносять до таблиці

Таблиця 3

Результати визначення коефіцієнту дихання

Умови	Показники, мм за 2 хвилини			ДК
	1	2	3	

Завдання: визначити коефіцієнт дихання у насіння різних сільськогосподарських культур.

Контрольні запитання:

1. Який хімічний склад запасних речовин насіння, якщо ДК рівняється 0,3, 0,8 і 1,0?
2. Як відбувається дихання озимих культур під льодовою кіркою?
3. Чим відрізняються і чим подібні процеси дихання і фотосинтезу?
4. Обґрунтуйте зміну величини дихального коефіцієнту в процесі проростання насіння соняшнику.

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 окисненням 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.

Таблиця 4

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 золюю.

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, срібло, 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 $(NH_4)_2SO_4$ більш інтенсивно поглинається іон KH_4^+ , менш інтенсивно – іон 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 N_4NO_3 . Якщо катіон і аніон поглинаються рослинами з однаковою швидкістю, то таку сіль називають фізіологічно нейтральною (NH_4NO_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 H^+ і 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 аллілопатією. 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.

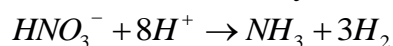
Азот. Значення його насамперед визначається входженням до складу амінокислот, які в свою чергу виступають вихідними сполуками для білків. Азоту в рослинах менше, ніж вуглецю, водню та кисню. Частка азоту в рослинах складає лише 1-3 %, але без достатньої його кількості життя рослин неможливе. У більшості 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.

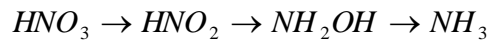
Співвідношення між амонійними і нітратними формами азоту в живленні рослин в значній мірі залежить від реакції ґрунтового розчину. З нейтрального середовища рослини інтенсивніше використовують амонійну форму, а при $pH=5$ в рослини більш інтенсивно надходить нітратний азот.

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 α -кетоглутаровою кислотою. В результаті синтезується α -іміноглутарова кислота, яка відновлюється в глутамінову кислоту. Необхідна α -кетоглутарова кислота створюється в рослинах в процесі дихання. Синтезована глутамінова кислота служить джерелом аміногрупи (NH_2) для синтезу інших амінокислот. Процес при якому аміногрупа глутамінової кислоти передається іншим кетокислотам називається переамінуванням. Вважається, що в рослинах існують і інші шляхи включення азоту в білкові молекули.

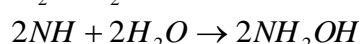
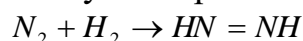
Бобові культури на відміну від інших сільськогосподарських рослин мають особливості азотного живлення. На їх коренях поселяються бульбочкові бактерії, які здатні засвоювати молекулярний азот повітря. Цей симбіоз поліпшує умови азотного живлення не лише бобових, а й наступних культур в сівозміні.

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.

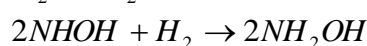
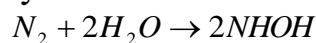
Найбільш поширеною теорією біологічної фіксації азоту є аміачна теорія. Вважається, що існують два шляхи перетворення азоту: окисний і відновний. В обох випадках проміжним продуктом є гідроксиамін.

Відновлення азоту в свою чергу може проходити двома шляхами:

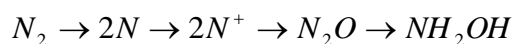
- перший шлях спочатку включає відновлення азоту, а потім гідратування, що виражається наступним рівнянням:



- 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 α -кетоглютаровою 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 доли 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 грибовими 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 плодкових 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 плодкових 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 бульбочкові 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 корневих 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 корневих 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, глікозиди, фенольні сполуки, алкалоїди, каучук, антибіотики і фітонциди.

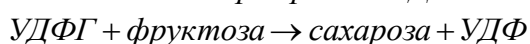
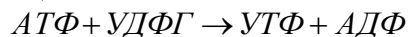
Вуглеводи складають 75-85 % сухих речовин рослин і є головним поживним і скелетним матеріалом клітин.

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 слугують 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 декарбоксілюванні відбувається відщеплення CO_2 . В разі відщеплення CO_2 від дикарбонової кислоти виникає монокарбонова. У випадку декарбоксілювання 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 кожен 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.

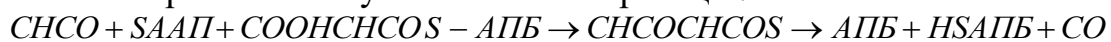
В склад жирів входить трьохатомний спирт гліцерин і декілька десятків жирних кислот. Найбільш розповсюдженими із ненасичених є олеїнова, лінолева і ліноленова, а серед насичених – пальмітинова, стеаринова і лауринова кислоти.

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.

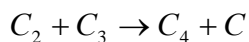
Численними дослідженнями встановлено, що у олійних культур в період

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 гліцерином, 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: $гліцерин + АТФ \rightarrow гліцерол3фосфат + АДФ$.

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 α -окислення жирних кислот, яке і вважається основним в рослинах, і β -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 перцю. 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 (Е), філлохінон (К), і комплекс ненасичених жирних кислот. Вітаміни розчинні у воді представлені тіаміном (В), рибофлавіном (В), піродоксіном (В), цианокобаліном (В), гіангаловою (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 флоємі 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 соняної 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 5.

Таблиця 5

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. Глюкозиди 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.

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 мерістем. Так, у стебел і коренів точки росту займають верхнє положення і вони ростуть верхівками. Такий ріст називають апікальним. У стебел злакових культур мерістеми розташовані між тканинами, які вже закінчили свій ріст. Тому такий ріст називають інтеркалярним. Якщо мерістеми 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 мерістем. 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, сеймонастії, 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.

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 недостача 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 П.А. 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°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°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°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 пори, 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 SO_2 і 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.

Стойкість 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 № 14

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 6, позначивши відсутність побуріння знаком незначне побуріння “+”, побуріння понад 50% площі листка “++”, повне побуріння “+++”.

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 ?

Запитання для самостійної роботи:

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

Використана література

1. Макрушин М.М., та інші. Фізіологія сільськогосподарських рослин з основами біохімії. – К.: Урожай, 1995. – 334 с.
2. Слободян С.М. Фізіологія рослин (Конспект лабораторного практикуму з контрольними питаннями для самостійної роботи), 1998. – 22 с.
3. 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.
4. Фізіологія рослин з основами біохімії для студентів спеціальності 090101 – Агрономія / Укладачі: доцент Мостіпан М.І., асистент Корнічева Г.І. Кіровоград: КНТУ, 2014. – 42 с.
5. Фізіологія рослин з основами біохімії для студентів спеціальності 090101 – Агрономія / Укладачі: доцент Мостіпан М.І., асистент Корнічева Г.І. Кіровоград: КНТУ, 2015. – 45 с.
6. Слободян С.М. Фізіологія рослин (Конспект лабораторного практикуму з контрольними питаннями для самостійної роботи), 1998. – 22 с.