

**ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
МІНІСТЕРСТВА ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

О.М. Войтович

ЛАБОРАТОРНИЙ ЖУРНАЛ

З ФІЗІОЛОГІЇ ТА БІОХІМІЇ РОСЛИН

для студентів III-IV курсу заочної форми навчання
освітнього рівня бакалавр
галузі знань 09 біологія
спеціальності 091 біологія

**Запоріжжя
2017**

1
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
МІНІСТЕРСТВА ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

О.М. Войтович

ЛАБОРАТОРНИЙ ЖУРНАЛ

З ФІЗІОЛОГІЇ ТА БІОХІМІЇ РОСЛИН

для студентів III-IV курсу заочної форми навчання
освітнього рівня бакалавр
галузі знань 09 біологія
спеціальності 091 біологія

Затверджено
Вченою радою ЗНУ
Протокол № від

Запоріжжя
2017

**ЛАБОРАТОРНИЙ ЖУРНАЛ З ФІЗІОЛОГІЇ ТА БІОХІМІЇ РОСЛИН ДЛЯ СТУДЕНТІВ
ЗАОЧНОЇ ФОРМИ НАВЧАННЯ ОСВІТНЬОГО РІВНЯ БАКАЛАВР ГАЛУЗІ ЗНАНЬ 09
БІОЛОГІЯ СПЕЦІАЛЬНОСТІ 091 БІОЛОГІЯ / УКЛАД.: О.М. ВОЙТОВИЧ – Запоріжжя:
ЗНУ, 2017. – 59 с.**

Лабораторний журнал є практикумом, що містить методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт за розділами курсу „Фізіології та біохімії рослин” щодо вивчення фізіології рослинної клітини, водообміну, фотосинтезу, дихання, мінерального живлення та росту і стійкості рослинного організму, виконання яких закріпити знання з теоретичного курсу, набути навичок експериментальної роботи та оволодіти методами досліджень в галузі фізіології рослин.

Призначений для студентів III-IV курсу заочного відділення біологічного факультету заочної форми навчання освітнього рівня бакалавр галузі знань 09 біологія спеціальності 091 біологія.

Рецензент

к.б.н., доц. Н.І.Костюченко

Відповідальний за випуск

к.б.н. О.М. Войтович

3
ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
Розділ I. ФІЗІОЛОГІЯ РОСЛИННОЇ КЛІТИНИ.....	5
1.1 Властивості клітинних мембран.....	5
1.1.1 Порівняння проникності клітинних мембран для різних речовин. Стійкий і тимчасовий плазмоліз.....	5
1.1.2 Вплив іонів калію і кальцію на форму плазмолізу.....	6
1.1.3 Спостереження ковпачкового плазмолізу в розчинах нітрату калію і роданіду калію.....	7
1.1.4 Проникність живої і мертвої цитоплазми.....	8
Розділ II. ВОДНИЙ ОБМІН РОСЛИН.....	9
2.1 Рослинна клітина як осмотична система. Визначення всисної сили клітин за зміною концентрації розчинів.....	9
2.2 Водобмін рослин.....	14
2.2.1 Визначення інтенсивності транспірації за зменшенням маси зрізаного листя.....	14
2.2.2 Визначення стану продохів методом відбитків.....	15
2.2.3 Підняття води в рослині по судинах.....	16
Розділ III. ФІЗІОЛОГІЯ ФОТОСИНТЕЗУ.....	19
3.1 Пігментний апарат рослини.....	19
3.1.1 Отримання витяжки пігментів зеленого листа.....	19
3.1.2 Хімічні властивості пігментів.....	20
3.1.2.1 Омилення хлорофілу лугом.....	20
3.1.2.2 Отримання феофітину і відновлення металоорганічного зв'язку.....	21
3.1.3 Розділення суміші фотосинтетичних пігментів.....	21
3.1.3.1 Метод Крауса.....	22
3.1.3.2. Метод хроматографії на папері.....	23
3.1.4 Оптичні властивості пігментів зеленого листа.....	24
3.1.5. Флуоресценція хлорофілу.....	25
Розділ IV ДИХАННЯ РОСЛИННОГО ОРГАНІЗМУ.....	29
4.1 Визначення інтенсивності дихання.....	29
4.2 Визначення дихального коефіцієнта.....	30
Розділ V МІНЕРАЛЬНЕ ЖИВЛЕННЯ РОСЛИННОГО ОРГАНІЗМУ.....	34
5.1. Виявлення нітратів в рослинах.....	34
Розділ VI. СТІЙКІСТЬ РОСЛИН.....	39
6.1. Вплив кріопротекторів на життєздатність клітин рослинних тканин при заморожуванні.....	39
Розділ VII. РІСТ І РОЗВИТОК РОСЛИННОГО ОРГАНІЗМУ.....	41
7.1 Скарифікація насіння.....	42
7.2 Тропізми рослин.....	42
7.2.1 Дослідження геотропізму.....	42
7.2.2 Гідротропізм.....	43
7.2.2 Значення листа для вкорінення живців.....	43
Індивідуальне завдання з фізіології рослин.....	45
Список рекомендованої літератури.....	58

ВСТУП

Фізіологія рослин – фундаментальна біологічна дисципліна, вивчення якої впродовж 3-4 курсів заочного відділення біологічного факультету є необхідним кроком у формування системи сучасних біологічних знань майбутніх біологів. Важливе значення цієї дисципліни полягає в тому, що базуючись на анатомо-морфологічних та системно-аналітичних підходах до вивчення живої матерії, а саме ці напрямки підготовки переважають на 1 та 2 курсах, є усі передумови формування нового фізіолого-біохімічного підходу до розуміння механізмів існування усіх живих істот взагалі, і рослин зокрема.

Викладання курсу „Фізіологія та біохімія рослин” передбачає проведення лабораторно-практичних занять за основними розділами курсу: «Фізіологія рослинної клітини», Фізіологія водообміну», «Фізіологія фотосинтезу», «Фізіологія дихання рослин», «Фізіологія мінерального живлення рослин» та «Фізіологія стійкості рослин. Ріст та розвиток рослинного організму». Лабораторний журнал містить методичні вказівки щодо виконання лабораторних робіт, а структура посібника дозволяє швидко оформлювати результати роботи та робити відповідні висновки безпосередньо у журналі. Кожній роботі передує короткий огляд теоретичного матеріалу за темою дослідження, що в значній мірі спрямовує студента на виконання роботи з метою чи то практичного підтвердження, чи то деталізації вивчення певного фізіологічного явища або процесу. Наприкінці кожної теми наводиться текст завдань для самостійного розв’язання з метою формування у студентів остаточного загального розуміння теми, яка вивчається.

При виконанні робіт, передбачених «Лабораторним практикумом» перед студентами ставляться наступні завдання: набуття практичних навичок щодо дослідження певних фізіологічних явищ, зокрема вміння планувати експеримент, моделювати необхідні умови для спостереження, здійснювати поточний контроль за ходом експерименту, отримувати результати практичних досліджень та аналізувати їх, роблячи обгрутовані та змістовні висновки.

Наведені лабораторні роботи можуть бути використані під час виконання курсових та дипломних проектів, а також модифіковані залежно від спрямованості наукових досліджень студента.

Розділ I ФІЗІОЛОГІЯ РОСЛИННОЇ КЛІТИНИ

Мета заняття.

Дослідити основні фізичні та хімічні властивості рослинної клітини, зокрема її мембранного апарату щодо функціонування за різних умов існування, оволодіти основними засобами визначення життєздатності клітини та швидкості метаболічних процесів.

1.1 Властивості клітинних мембран

Зовнішня цитоплазматична мембрана клітини (плазмалема) відділяє клітину від навколишнього середовища, контролює транспорт речовин в клітину та із клітини, перша сприймає інформацію про зовнішнє середовище. Внутрішньоклітинні мембрани забезпечують просторову впорядкованість численних процесів, що протікають в клітині. Вони створюють ізольовані простори (компарменти), в яких одночасно можуть протікати протилежно направлені процеси. В мембрани вбудована велика кількість мультиферментних комплексів, транспортних систем, рецепторних молекул, що забезпечують протікання основних життєвих процесів.

Найважливіша властивість клітинних мембран — вибіркова проникність, завдяки якій крізь них проходять молекули тільки деяких речовин. Ця властивість може змінюватися залежно від процесів, що протікають в клітині. Виборча проникність мембрани зберігається до тих пір, поки клітина залишається живою. Після її загибелі мембрани стають повністю проникними.

Матеріали і обладнання: 1) мікроскоп; 2) предметні і покривні скельця; 3) скляна паличка; 4) препарувальна голка, скальпель або лезо безпечної бритви; 5) пробірки; 6) штатив для пробірок; 7) фільтрувальний папір; 8) спиртівка або газовий пальник; 9) 30% розчин оцтової кислоти; 10) 1М розчин глюкози; 11) 1М розчин роданіду калію; 12) 1М розчин нітрату калію; 13) 0,7М розчин нітрату кальцію; 14) 1М розчин карбаміду; 15) коренеплід столового буряка; 16) цибулина синьої ріпчастої цибулі; 17) листя елодеї і валіснерії.

1.1.1 Порівняння проникності клітинних мембран для різних речовин. Стійкий і тимчасовий плазмоліз

Виборча проникність мембран забезпечує проходження через них молекул води, перешкоджає проникненню розчинених у воді речовин і обумовлює явище плазмолізу при дії на клітину гіпертонічного розчину. Якщо ж молекули розчиненої речовини через мембрану проходять, але повільніше, ніж молекули води, то плазмоліз потім зникає. Деплазмоліз відбувається в результаті поступового проникнення розчиненої речовини в клітину, вирівнювання концентрацій зовні і всередині, а також надходження води в клітину із зовнішнього розчину за градієнтом концентрації.

Хід роботи

На два предметні скельця наносять по краплі розчину: на одне — 1 М розчин сахарози, на інше — 1 М розчин карбаміду. В кожену краплю поміщають по листку елодеї, накривають покривним скельцем і розглядають під мікроскопом спочатку при малому (об'єктив 8), потім при великому збільшенні (об'єктив 40). Знаходять ділянки листка, в яких добре помітні плазмолізовані клітини. Визначають час початку плазмолізу (початок спостереження), замальовують плазмолізовані клітини і залишають препарати на 30—60 хвилин, потім знову їх розглядають. В розчині сахарози плазмоліз в клітинах зберігався, а в розчині карбаміду відбувався деплазмоліз. В розчині сахарози спостерігається стійкий плазмоліз, а в розчині карбаміду — тимчасовий. Причиною деплазмолізу в розчині карбаміду є проникність клітинних мембран для його молекул. Оскільки проникність для карбаміду менше ніж для води, то вода з клітини виходить швидше, ніж в неї входить сечовина. Це і викликає плазмоліз, який потім зникає при збільшенні в клітині концентрації карбаміду і надходженні води.

Завдання: описати роботу, замалювати плазмолізовані та деплазмолізовані клітини і сформулювати висновки.

Малюнок плазмолізованої клітини:



Малюнок деплазмолізованої клітини:



Висновок: -----

1.1.2 Вплив іонів калію і кальцію на форму плазмолізу

В ході плазмолізу форма плазмолізованого протопласту міняється. Спочатку протопласт відстає від клітинної стінки лише в окремих місцях, частіше всього в куточках. Плазмоліз такої форми називають **кутковим**. Потім протопласт продовжує відставати від клітинних стінок, зберігаючи зв'язок з ними в окремих місцях, поверхня протопласту між цими точками має увігнуту форму. На цьому етапі плазмоліз називається **увогнутиим**. Поступово протопласт відривається від клітинних стінок по всій поверхні і приймає округлу форму. Такий плазмоліз носить назву **опуклого**. А якщо між протопластом та клітинною стінкою зв'язок в окремих місцях зберігається, то при подальшому зменшенні об'єму в ході плазмолізу протопласт набуває неправильної форми. Такий плазмоліз носить назву **судомного** (рис. 1.1). Час, протягом якого увігнутий плазмоліз переходить в опуклий, дозволяє оцінювати ступінь в'язкості цитоплазми.

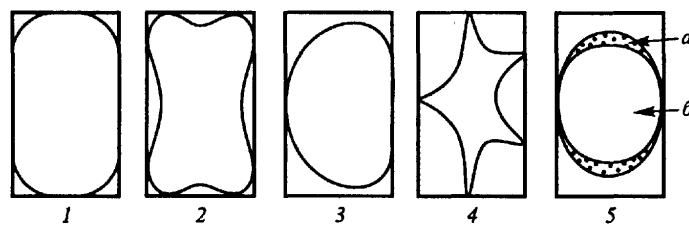


Рис. 1.1 Форми плазмолізу:

1 – кутковий; 2 – увогнутий; 3 – опуклий; 4 – судомний; 5 – ковпачковий (а-цитоплазма; б-вакуоль)

При порівнянні в'язкості цитоплазми в розчинах солей калію і кальцію можна відзначити, що іони калію, проникаючи в цитоплазму, підвищують її гідрофільність, зменшують в'язкість і сприяють її швидкому відриву від клітинної стінки. Тому в розчинах солей калію плазмоліз швидко приймає форму опуклого. Іони кальцію, навпаки, підвищують в'язкість цитоплазми, збільшують сили зчеплення її з клітинною стінкою, і плазмоліз приймає форму судомного.

Хід роботи

На одне предметне скельце наносять краплю 1 М розчину нітрату калію, на інше — 0,7 М розчину нітрату кальцію. В обидві краплі поміщають по шматочку епідермісу цибулі, знятого з увігнутої поверхні однієї і тієї ж луски цибулини (листя елодеї або валіснерії), накривають покривними скельцями. Через 5—10 хв. препарати розглядають під мікроскопом.

Завдання: замалювати форми плазмолізу, пояснити, чому при дії цих речовин спостерігаються різні форми плазмолізу і зробити висновки.

Нітрат калію:



Нітрат кальцію:



Висновок: -----

1.1.3 Спостереження ковпачкового плазмолізу в розчинах нітрату калію і роданіду калію

При тривалому знаходженні клітин в розчині нітрату калію (15 хв. і більше) цитоплазма набухає в подовжених клітинах, там, де протопласт не торкається клітинних стінок, утворюються так звані ковпачки цитоплазми. Такий плазмоліз носить назву ***ковпачкового*** (див. рис. 1.1). Ще більше набухання відбувається в розчинах роданіду калію, в яких ковпачки цитоплазми утворюються зразу ж після початку плазмолізу. Ковпачковий плазмоліз може свідчити про різну проникність плазмалемі і тонопласту для іонів калію. Іони калію, проникаючи через плазмалему в цитоплазму, викликають її набухання. У вакуоль через тонопласт вони не проходять. Об'єм плазмолізованої вакуолі не збільшується і плазмоліз зберігається.

Хід роботи

На предметне скло наносять краплю 1М розчину роданіду калію, поміщають в неї шматочок епідерми луски ріпчастої цибулі, накривають покривним склом і відразу розглядають під мікроскопом з об'єктивом $\times 40$.

Завдання: зробити малюнок і сформулювати висновок про причину появи ковпачкового плазмолізу.

Нітрат калію:



Роданід калію:



Висновок: -----

1.1.4 Проникність живої і мертвої цитоплазми

Мембрани цитоплазми – плазмолема і тонопласт – мають вибірккову проникність. Це явище властиво тільки живим клітинам. При дії на клітину пошкоджуючих агентів мембрани втрачають властивість напівпроникності. Це добре можна прослідити на рослинних об'єктах, що містять в клітинному соці пігмент антоціан. Ступінь пошкодження корелює з кількістю пігменту, який виділяється у водне середовище.

Частіше за все для демонстрації цього досліду використовують столовий буряк. Його пігмент – β -ціанін – добре розчиняється у воді.

Матеріали і обладнання: 1) столовий буряк (*Beta vulgaris L.*); 2) штатив з пробірками; 3) пробкове свердло; 4) піпетки; 5) скальпель; 6) електрична плитка; 7) хлороформ; 8) 30% оцтова кислота; 9) 50% етиловий спирт; 10) 1М розчин нітрату калію; 11) мікроскоп; 12) покривні та предметні скельця; 13) пробірки; 14) ФЕК.

Хід роботи

Вирізують пробковим свердлом циліндри з коренеплоду червоного буряка (діаметр 0,5-0,7 мм). Нарізують їх на рівні частини завдовжки 2 см і промивають проточною водою. Потім кладуть по одному шматочку коренеплоду в пробірки (варіанти розчинів в пробірках за табл.1.1), через 1 годину пробірки струшують. Визначають інтенсивність забарвлення розчинів в пробірках за допомогою фотоелектроколометра (ФЕК), використовуючи синій світлофільтр. У відповідну графу табл.1.1 записують показання ФЕКу. Шматочки буряка витягують з пробірок і готують тонкі зрізи, які розглядають під мікроскопом в 1М розчині нітрату калію. Наявність плазмолізу свідчить, що клітина жива. В мертвих клітинах плазмоліз не спостерігається.

Таблиця 1.1

Номер пробірки	1	2	3	4	5
Варіант	10 мл водопровідної води	10 мл водопровідної води, кип'ятити	10 мл водопровідної води + 6 крапель хлороформу	10 мл 30% оцтової кислоти	10 мл 50% етилового спирту
Забарвлення розчину в пробірці					
Показання ФЕКу, опт.од.					

Завдання: простежити залежність інтенсивності забарвлення розчину від природи пошкоджуючого агенту та зробити висновок про зміну проникності цитоплазми при пошкодженні клітин різними агентами.

Висновок: -----

Розділ II ВОДНИЙ ОБМІН РОСЛИН

Мета заняття.

Дослідити основні етапи водного обміну рослин на клітинному та організмовому рівнях, зокрема властивості рослинної клітини як осмотичної системи та процесів поглинання, пересування та випаровування води в залежності від фізіологічного стану рослини, оволодіти основними засобами визначення всисної сили клітини та транспіраційної активності тканин.

2.1 Рослинна клітина як осмотична система. Визначення всисної сили клітин за зміною концентрації розчинів

Вода рослинними клітинами поглинається за законами осмосу. Силу, з якою клітина здатна поглинати воду, називають **всисною силою клітини (S)**. На відміну від будь-якого розчину, всисна сила якого чисельно дорівнює його потенційному осмотичному тиску, всисна сила рослинної клітини, пружна стінка якої перешкоджає надходженню води, дорівнює різниці між осмотичним тиском клітинного соку (P) і тургорним протитиском клітинної стінки (T):

$$S = P - T \quad (2.1).$$

Обчислити осмотичний тиск клітинного соку можна за рівнянням Вант-Гоффа:

$$P_{осм} = RTCi \quad (2.2)$$

де $P_{осм}$ — осмотичний тиск, МПа;

R — універсальна газова постійна (0,00831 кДж/град-моль);

T — абсолютна температура, К (+273,4° С);

C — концентрація розчину, моль/л;

i — ізотонічний коефіцієнт, що показує відношення числа частинок (молекул і іонів) в розчині до початкової кількості молекул розчиненої речовини.

Для неелектролітів, наприклад для сахарози, $i = 1$. Для розчинів електролітів i залежить від числа іонів, на які розпадається молекула, і ступені дисоціації. Значення i для розчинів NaCl дані в таблиці 2.1:

Таблиця 2.1.

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

При зануренні рослинної клітини в який-небудь розчин водообмін між ними визначається співвідношенням їх всисних сил: вода переміщується у бік більшої всисної сили.

Для визначення всисної сили клітин шматки досліджуваної тканини занурюють в ряд розчинів відомої концентрації і підбирають такий розчин, всисна сила якого дорівнює всисній силі клітин.

Якщо занурити рослинну тканину в розчин, всисна сила якого більше всисної сили клітин, то навколишній розчин буде відсмоктувати воду з клітин, внаслідок чого його концентрація зменшиться. Навпаки, якщо всисна сила клітин більше всисної сили розчину, то клітини всмоктують воду з розчину, який стає при цьому більш концентрованим. При рівності всисних сил клітин і розчину не відбувається ні всмоктування, ні відняття води, внаслідок чого концентрація розчину залишається без змін.

Зміну концентрації можна встановити шляхом визначення показника заломлення (рефрактометричний метод) або густини розчинів (метод цівок).

Матеріали і обладнання: 1) свіже листя рослин; 2) 1М розчин сахарози; 3) дистильована вода; 4) метиленова синь кристалічна; 5) пробкове свердло діаметром 7—8 мм; 6) препарувальна голка; 7) дворядний штатив з пробірками: в нижньому ряді — звичайні пробірки з пробками (7

шт.), у верхньому — маленькі пробірки об'ємом 3—4 мл з пробками (7 шт.); 8) піпетки з відтягнутим в капіляр кінцем, з вихідним отвором не більше 1 мм (7 шт.); 9) олівець по склу; 10) шматочки фільтрувального паперу.

Хід роботи

Ретельно вимити пробірки (7 звичайних і 7 маленьких), сполоснути їх дистильованою водою, висушити в сушильній шафі і забезпечити написами олівцем по склу. Змішуючи відповідні кількості 1М розчину сахарози і дистильованої води, приготувати по 10 мл розчинів наступних концентрацій (моль/л): 0,7; 0,6; 0,5; 0,4; 0,3; 0,2; 0,1. Для приготування розчинів використовувати великі пробірки. Після ретельного перемішування відлити в маленькі пробірки по 1 мл приготованих розчинів.

Вирізати пробковим свердлом диски з листя недалеко від середньої жилки, не захоплюючи по можливості крупних жилок (для цього повернути листя нижньою стороною вгору і підкласти під листя пробку). Розкласти по 5 дисків в маленькі пробірки. Витримати диски в розчинах 30 - 40 хв, час від часу струшуючи пробірки і стежачи за тим, щоб диски були весь час занурені в розчині.

Після закінчення вказаного часу вийняти проби з розчинів препарувальною голкою і визначити зміну концентрації розчинів після перебування в них дисків з листя методом цівок. Даний метод заснований на зміні густини розчинів після перебування в них досліджуємих об'єктів.

Розчин, в якому знаходилися шматочки досліджуваного листя, вносять піпеткою в пробірку з розчином початкової концентрації.

Перед визначенням треба підфарбувати розчини, для чого внести в маленькі пробірки по кристалу метиленової сині на кінчику препарувальної голки. Багато барвника додавати не можна, оскільки це може викликати збільшення концентрації розчину. Струсивши вміст пробірки, набрати забарвлену рідину в піпетку з відтягнутим в капіляр кінцем і опустити у відповідну пробірку з початковим розчином так, щоб нижній кінець піпетки був занурений в розчин на 2—3 см. Поволі випускаючи розчин, прослідити за напрямом руху цівки забарвленої рідини. Якщо цівка піде вниз, це свідчатиме про збільшення концентрації розчину. Рух цівки вгору вказує, що концентрація розчину зменшилася. Якщо цівка залишиться на місці, то густина розчину не змінилася і, отже, всисна сила клітин дорівнює всисній силі цього розчину.

Отримані результати записати у формі таблиці:

Таблиця 2.2.

Концентрація розчину сахарози, моль/л	Напрямок руху цівки	Співвідношення між S розчину і S клітин	Осмотичний тиск, МПа
0,1			
0,2			
0,3			
0,4			
0,5			
0,6			
0,7			

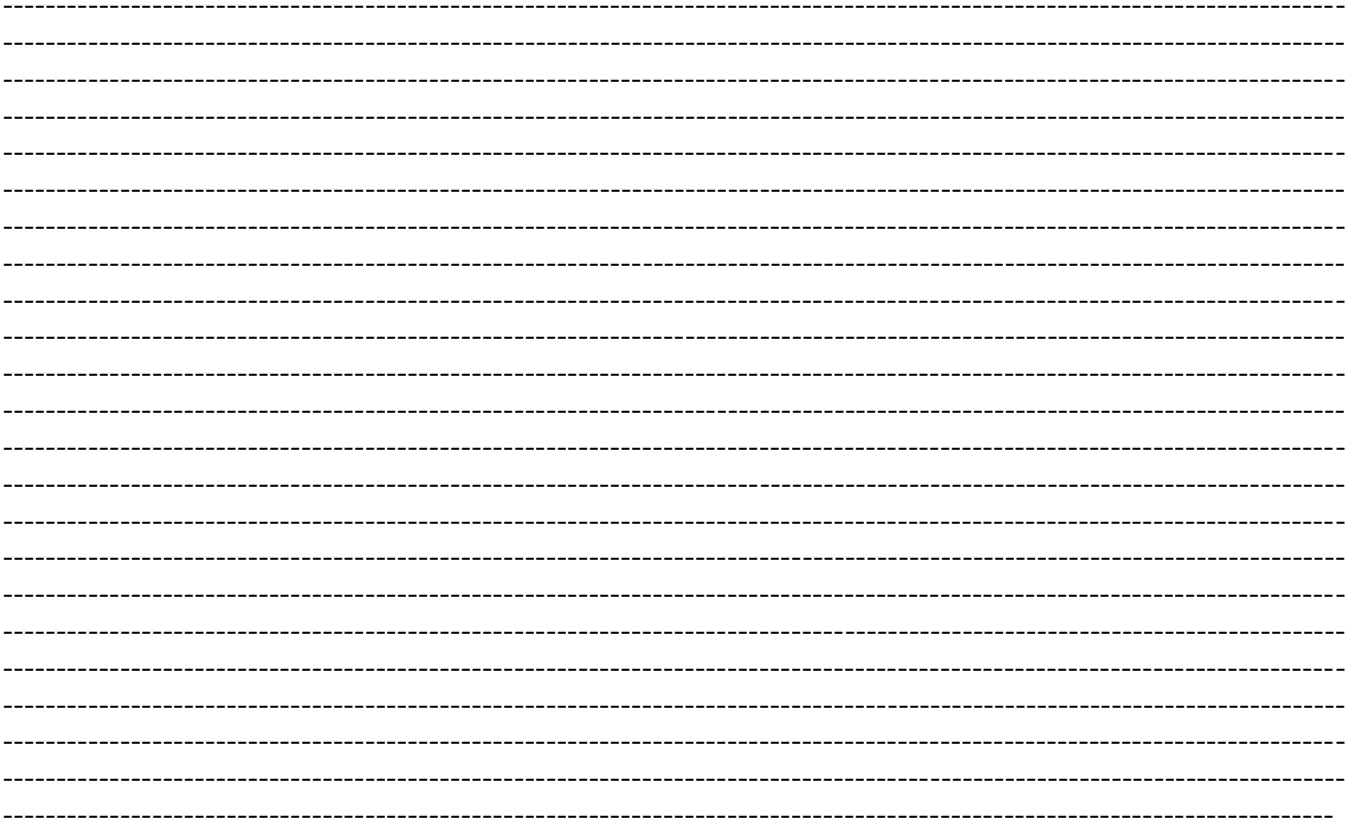
Завдання: зробити висновки про причини зміни концентрації розчинів, знайти ізотонічний розчин і розрахувати всисну силу клітин .

Висновок: -----

Завдання: розв'язати наступні задачі:

1. Клітина знаходиться в стані повного насичення водою. Осмотичний тиск клітинного соку дорівнює 8 атм. Обчисліть висну силу цієї клітини.
2. Обчисліть осмотичний тиск клітинного соку при температурі 17°C , якщо відомо, що ізотонічний розчин сахарози для даної клітки має концентрацію 0,3 М (для сахарози $i = 1$)?
3. Осмотичний тиск клітинного соку дорівнює 10 атм, а тургорний тиск цієї клітини дорівнює $\frac{3}{4}$ від максимальної величини. Чому дорівнює всисна сила клітини?
4. Дві живі клітини торкаються одна одної. Куди піде вода, якщо осмотичний тиск клітинного соку першої клітини 1 МПа, а другий 0,8 МПа? Розберіть три можливі варіанти.

Відповідь: -----



2.2. Водобмін рослин

2.2.1. Визначення інтенсивності транспірації за зменшенням маси зрізаного листа

Транспірація — процес випаровування води надземними частинами рослин. **Інтенсивність транспірації** — це кількість води, яка випаровується за одиницю часу одиницею листової поверхні. Відношення **інтенсивності транспірації** до **інтенсивності евапорації** (випаровування з вільної водної поверхні) за тих же умов називається **відносною транспірацією**; цей показник характеризує здатність рослин регулювати транспірацію і виражається у вигляді десяткового дробу.

Найпростіший і достатньо точний метод обліку транспірації – метод швидкого зважування, запропонований Л. А. Івановим: пагін або окремих лист зрізають і двічі зважують з інтервалом не більше 5 хв, оскільки при більш тривалій експозиції може початися в'янення листа, що знижує транспірацію. Встановлене цим методом зменшення маси листа відповідає кількості води, яка випарувалась (збільшенням маси в процесі фотосинтезу можна нехтувати, оскільки інтенсивність фотосинтезу у багато разів менше інтенсивності транспірації).

Матеріали і обладнання: 1) кімнатні рослини (пеларгонія, примула і ін.); 2) торсіонні терези; 3) технічні терези з важками; 4) ножиці; 5) скальпель; 6) кришка чашки Петрі; 7) нитки; 8) міліметровка; 9) фільтрувальний папір.

Хід роботи

Для визначення інтенсивності транспірації методом швидкого зважування доцільно використовувати торсіонні терези.

Зрізати лист з невеликим відрізком черешка, підвісити за допомогою нитки з петлею на кінці до гачка терезів (при закритому аретирі!) і негайно зважити: відкрити аретир і, обертаючи рукоятку, добитися поєднання покажчика рівноваги з нульовою межею; провести відлік по покажчику маси і відзначити час. Якщо маса узятого листа виявиться більше максимального навантаження терезів, то слід використовувати лист менших розмірів або відрізати частину листової пластинки ножицями. Через 3-4 хв зробити друге зважування, також відзначивши час. Якщо випаровування йде слабо, можна збільшити експозицію до 5 хвилин. Закрити аретир і зняти лист з гачка.

Для визначення поверхні листа зважити на технічних терезах квадрат міліметровки відомої площі (наприклад, 100 см^2), накласти на цей квадрат досліджуваний лист, ретельно обвести олівцем листову пластинку, вирізати і зважити отриману паперову фігуру. Площу листа обчислити за пропорцією: $a/b = c/s$, де a — маса квадрата; b — маса паперової фігури; c — площа квадрата; s — площа листа.

Одночасно визначити за тих же умов **інтенсивність евапорації** (вільного випаровування). Для цього зважити чашку, наповнену майже до краю водою кімнатної температури (зовнішня поверхня чашки повинна бути абсолютно сухою), і через будь-який час, наприклад через 30 хвилин, зробити друге зважування. Визначити поверхню випаровування, змірявши внутрішній діаметр чашки. Результати записати в таблицю 2.3, вказавши вид дослідної рослини:

Інтенсивність транспірації (I_T) та інтенсивність евапорації (I_e) ($\frac{\text{г}}{\text{м}^2 \cdot \text{год}}$) обчислити за формулою:

$$I_T = \frac{n \times 10\,000 \times 60}{s \times t} \quad (2.3.)$$

де n — кількість води, що випарувалася, г;

s — площа, см^2 ;

t — експозиція, хв;

$10\,000$ — коефіцієнт переводу см^2 в м^2 ;

60 — коефіцієнт переводу хвилин в години.

Об'єкт	Експозиція, хв	Маса, г		Випаровано води, г	Площа см ²
		1-го	2-го		
Лист.....					
Судина з водою					

Завдання: обчислити інтенсивність евапорації (ІЕ) за тією ж формулою; знайти відносну транспірацію ІТ/ІЕ; на підставі величини відносної транспірації (ІТ/ІЕ менше 0,5 вважається низкою) зробити висновок про регуляцію листом процесу транспірації.

Висновок: -----

2.2.2 Визначення стану продихів методом відбитків

Матеріали і обладнання: 1) кімнатні рослини (деякі рослини або окреме листя за 2-3 години до заняття помістити у темряву); 2) лак для нігтів, розведений ацетоном до сироподібного стану; 3) тонка скляна паличка; 4) пінцет; 5) мікроскоп; 6) окуляр - мікрометр; 7) об'єктив - мікрометр; 8) предметні скельця.

На поверхню листа наносять тонкий шар лаку. Після випаровування розчинника утворюється плівка, на якій відбивається епідерміс з продихами. Розглядаючи отримані відбитки в мікроскоп, можна визначити кількість і розмір продихів, а також виміряти ширину щілин продихів. Для дослідження листя, продихи яких розташовані в поглибленнях епідермісу (наприклад, у олеандра), цей метод незастосовний, оскільки у такого листя відбитки не виходять.

Хід роботи

Нанести на ту поверхню листа, де більша кількість продихів лак і швидко розмазати тонким шаром. Після повного висихання зняти плівку пінцетом, розмістити на предметне скло і розглянути спочатку при малому збільшенні ($\times 8$). Підрахувати кількість продихів у полі зору. Потім перевести револьвер мікроскопу на велике збільшення ($\times 40$) і замалювати продихи з урахуванням ступеня відкритості продихової щілини та відносних розмірів клітин.

Досліджувати листя різних рослин, замалювати .

Висновок: -----

2.2.3 Підняття води в рослині по судинах

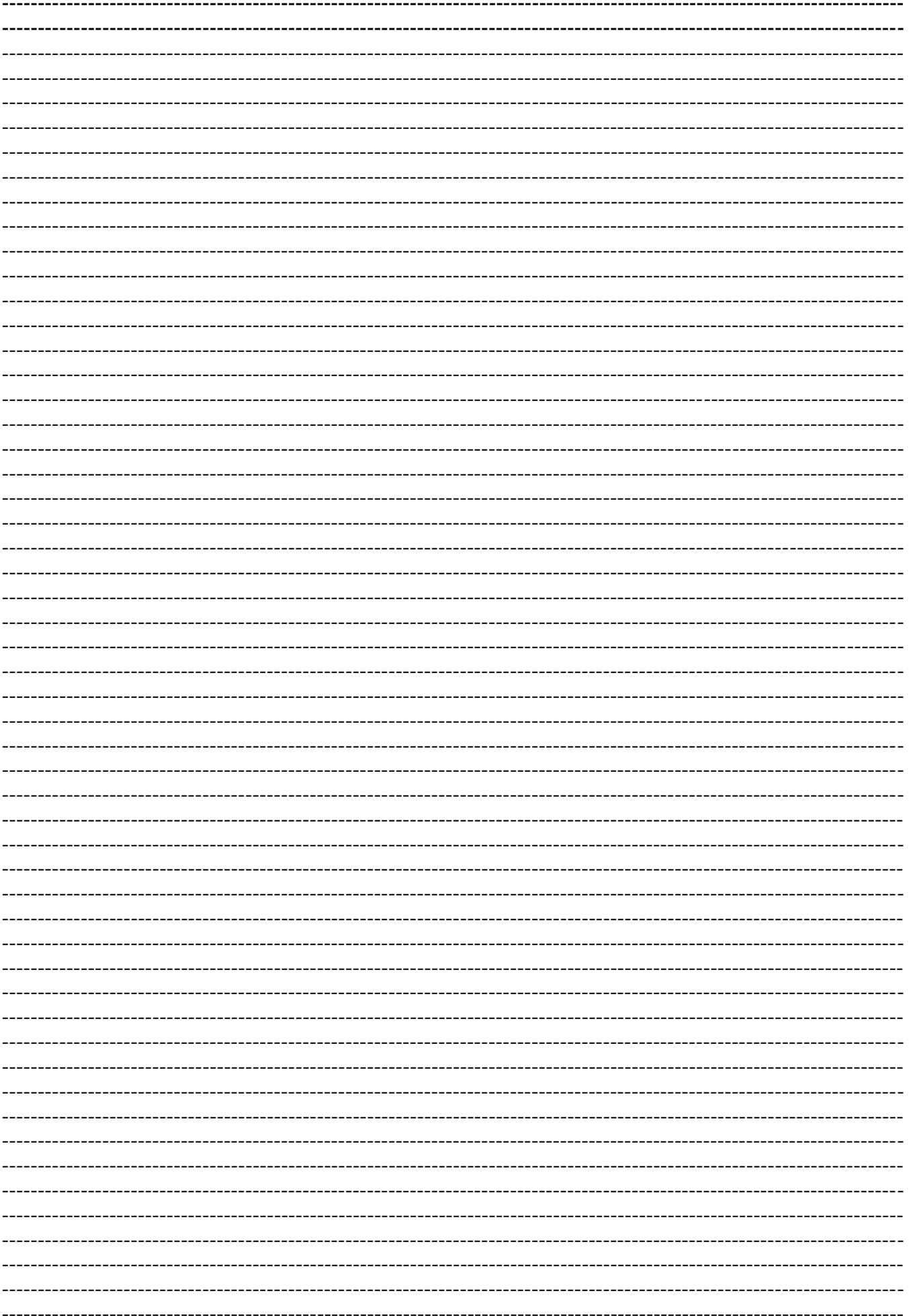
Рух води здійснюється по судинах і трахеїдах. Вода в судинах знаходиться у вигляді суцільних водяних ниток, які спираються на живі клітини кореня і сполучені з живими клітинами листка. Сила налипання води до стінок судин і сила зчеплення окремих молекул води між собою дорівнює декільком сотням атмосфер. Для пересування води вгору потрібно, щоб клітини, які випаровують воду, мали достатню всисну силу. В клітинах листової паренхіми вона сягає 20-40 атм. і більше. Вода випаровується листком і тягне за собою водяну нитку. Рух води по судинах пояснюється присмоктуючою силою транспірації, кореневим тиском і наявністю безперервних водяних ниток.

Присмоктуюча сила транспірації і сили зчеплення води в рослині (адгезії та когезії) зумовлюють рух води в рослині і без кореневої системи. Це можна бачити на досліді з гілками або листками рослин, які ставлять в забарвленій розчин.

Матеріали і обладнання: 1) листок герані, суцвіття спатіфіллюма та білі квіти інших рослин; 2) мікроскоп; 3) 1% розчин еозину; 4) препарувальне обладнання; 5) предметні і покривні скельця; 6) колба.

Хід роботи

Зрізають листок герані (під водою) і ставлять черешок в розчин еозину. Виставляють на



Розділ III ФІЗІОЛОГІЯ ФОТОСИНТЕЗУ

Мета заняття.

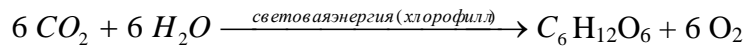
Дослідити основні фізичні та хімічні властивості окремих фотосинтезуючих пігментів рослинної клітини, ефективність роботи фото систем та асиміляційні характеристики тканин зеленої рослини, оволодіти основними засобами визначення якісного та кількісного складу пігментів та швидкості фотосинтетичних процесів.

3.1 Пігментний апарат рослини

3.1.1 Отримання витяжки пігментів зеленого листа

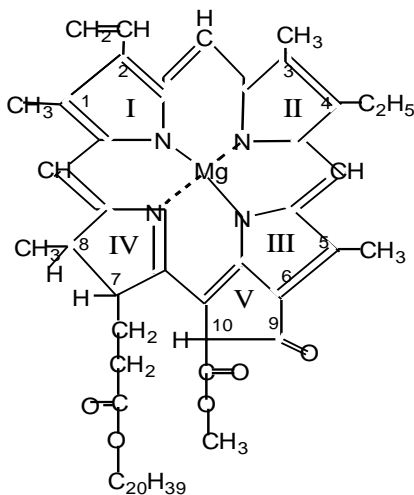
Матеріали і обладнання: 1) листя кімнатних рослин; 2) 85% етиловий спирт; 3) CaCO₃ 4) кварцовий пісок або товчене скло; 5) вазелін; 6) ніж; 7) фарфорові ступки (2 шт.); 8) колби (2 шт.); 9) воронки (2 шт.); 10) скляна паличка; 11) паперові фільтри.

Фотосинтез — процес перетворення енергії світла, що поглинається хлорофілом, в хімічну енергію органічних сполук, що утворюються з діоксиду вуглецю і води:



Фотосинтез відбувається в хлоропластах, які оточені двома білково-ліпідними мембранами. Хлоропласт включає систему ламелярних подвійних мембран — тілакоїдів, утворених внутрішньою мембраною. В тілакоїдах здійснюється світлова фаза фотосинтезу, тобто перетворення енергії світлового проміння в хімічну енергію молекул АТФ і НАДФН·Н, а біохімічні реакції відновлення CO₂ і синтезу вуглеводів відбуваються в міжтілакоїдному просторі.

Рисунок 3.1. Структура хлорофілу *a*



В мембранах тілакоїдів містяться наступні пігменти: хлорофіл *a* (C₅₅H₇₂O₅N₄Mg) — зелений з синюватим відтінком; хлорофіл *b* (C₅₅H₇₀O₆N₄Mg) — зелений з жовтим відтінком; каротин (C₄₀H₅₆) — жовто-помаранчевий; - ксантофіл (C₄₀H₅₆O₂) — золотисто-жовтий. Всі ці пігменти не розчинні у воді, але розчиняються в органічних розчинниках (спирті, ацетоні і ін.).

За хімічною природою хлорофіл (рис.3.1) є складним ефіром дікарбонової кислоти хлорофіліну і двох спиртів — метанолу CH₃OH і фітолу C₂₀H₃₉OH. Хлорофілін містить порфірінове ядро, що складається з чотирьох пірольних кілець, сполучених один з одним метиновими містками = CH—. В центрі порфірінового ядра розташований атом магнію, сполучений з атомами азоту пірольних кілець. Крім того, в ядрі молекули хлорофілу є п'яте кільце — циклопентанове, що містить карбонільну групу. Хлорофіл *b* відрізняється від хлорофілу *a*,

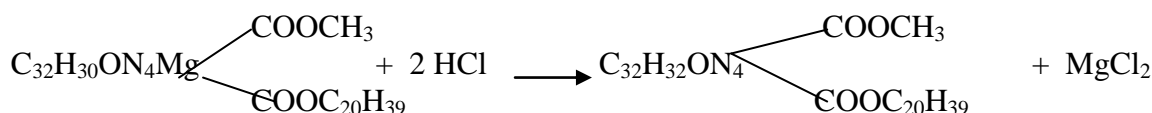
лише тим, що у другого пірольного кільця замість метильної групи є альдегідна.

Порфірінове ядро має гідрофільний характер і пов'язане з білками мембран. В той же час довгий гідрофобний «хвіст», утворений залишком фітолу, обернутий у бік ліпідних шарів тілакоїдів і обумовлює добру розчинність хлорофілу в неполярних розчинниках (бензин, петролейний ефір). Проте для повного виділення хлорофілу з листя використовують не ці безводні розчинники, а спирт або ацетон, що містить невелику кількість води, необхідної для гідролізу хлорофіл-білкового комплексу.

Разом з хлорофілами *a* і *b* в хлоропластах містяться каротиноїди — група жовтих пігментів, що є за хімічною природою тетратерпеноїдами (8 залишків ізопрену C₅H₈).

3.1.2.2 Отримання феофітину і відновлення металоорганічного зв'язку

Якщо до розчину хлорофілу додати невелику кількість соляної кислоти, то можна одержати буро-оливковий феофітин — продукт заміщення магнію в молекулі хлорофілу двома атомами водню:



Металорганічний зв'язок можна відновити шляхом нагрівання феофітину з оцтовокислою міддю: атом двовалентного металу витісняє водень з феофітину; оцтова кислота, що утворюється при цьому, служить каталізатором.

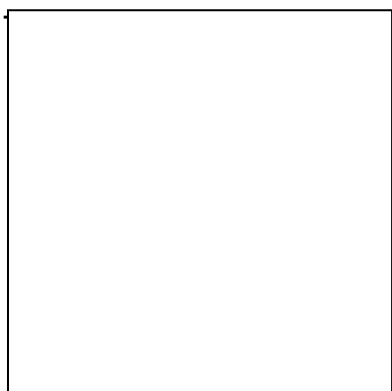
Хід роботи

Налити в дві пробірки по 2 мл спиртової витяжки пігментів зеленого листа і додати в них по 2 краплі 10% соляної кислоти. Відзначити забарвлення отриманого продукту реакції.

В одну з пробірок з феофітином внести декілька кристалів оцтовокислої міді і довести розчин до кипіння (нагрівати слід обережно, не допускаючи викидання рідини з пробірки). Якщо забарвлення не зміниться, додати ще оцтовокислій міді і продовжувати нагрівання. Відзначити зміну забарвлення, викликану заміщенням двох атомів водню у феофітині атомом міді.

Завдання: замалювати пробірки і написати рівняння прямої і зворотної реакцій. На основі проведеного експерименту зробити висновок щодо вкладу магнію у оптичні властивості хлорофілу

Малюнок



Висновок: -----

3.1.3 Розділення суміші фотосинтетичних пігментів

Один з перших методів розділення пігментів був запропонований німецьким вченим Краусом в 1860 р. Він заснований на різній розчинності пігментів в спирті і бензині. Ці розчинники не змішуються при зливанні і утворюють два шари: верхній — бензиновий, де розчинені хлорофіли і каротин, і нижній — спиртовий, де розчинений ксантофіл.

3.1.3.2 Метод хроматографії на папері

Недоліком методу Крауса є те, що за допомогою нього складно провести кількісний аналіз пігментного складу рослини (не розділяються хлорофіли). Для розділення і отримання хлорофілів *a* і *b* і каротиноїдів застосовують інший метод розділення пігментів хроматографічний.

Цей метод заснований на розділенні пігментів між волокнами целюлози хроматографічного паперу і рухомою фазою — розчинником. Коли розчин рухається по паперу під дією капілярних сил, то молекули пігментів розподіляються між двома фазами. Чим вище розчинність пігменту в рухомій фазі, тим далі він просувається по паперу разом з розчинником, і навпаки.

Відстань, пройдена нанесеним на папір пігментом у напрямі руху розчинника, характеризується величиною *R_f*, яка є відношенням відстані, пройдені розчинним пігментом, до відстані, пройдені фронтом розчинника. В стандартних умовах ця величина для даного пігменту постійна і відповідає його коефіцієнту розподілу.

Хроматографування на папері проводять висхідним і низхідним способами. При висхідній хроматографії паперову смужку підвішують вертикально; її нижній кінець, на який нанесена суміш пігментів, занурюють в розчинник. При цьому місце нанесення суміші повинне знаходитися вище за рівень розчинника. Під час руху розчинника під дією капілярних сил вертикально вгору відбувається розділення розчинених речовин.

При низхідній хроматографії верхній кінець паперової смуги з сумішшю пігментів, нанесених недалеко від кромки паперу, закріплюють в судині і розміщують у верхній частині камери. Нижній кінець паперу спускають вниз, але так, щоб він не торкався налитого на дні камери розчинника. В результаті дії капілярних сил і сили тяготіння розчинник починає пересуватися вниз по паперовій смугі, внаслідок чого відбувається розділення суміші.

Хід роботи

Смужку хроматографічного паперу шириною 1,5 см і довжиною, відповідною висоті судини, кладуть на чисту поверхню і олівцем на папері креслять горизонтальну лінію старту на відстані 1 см від краю.

З раніше приготовленої ацетонової витяжки беруть капіляром або інсуліновим шприцом невелику порцію екстракту і наносять її багато разів на стартову лінію хроматографічного паперу у вигляді плями діаметром не більше 1 см. Папір підсушують на повітрі і нанесення повторюють доти, доки пляма не стане інтенсивно зеленою.

Висушивши смужку до повного зникнення запаху ацетону, помістити її у вертикальному положенні в циліндр, на дно якого налита суміш бензолу і бензину (3:1). Смужку потрібно підвісити на гачок так, щоб в розчинник був занурений тільки незабарвлений кінець, і щоб вона не торкалася стінок судини. У зв'язку з тим, що пігменти руйнуються на світлі, розділення слід проводити в темряві або при слабкому освітленні.

Через 10-15 хвилин розчинник підніметься на 10-12 см. Пігменти розподіляються в наступному порядку: першим знизу адсорбується хлорофіл *b* жовто-зеленого кольору, потім синьо-зелена зона хлорофілу *a*, вище — жовтий ксантофіл, каротин дуже швидко рухається і розташовується зверху смужки хроматографічного паперу у фронті розчинника, він має темно-жовтий колір.

Після закінчення розділення пігментів хроматограму виймають, зразу ж відзначають межу підйому розчинника, так звану лінію фронту, висушують і розраховують значення *R_f* для кожного пігменту.

Завдання: наклеїти хроматограму в лабораторний журнал. Плями пігментів обвести відповідним за кольором олівцем та зверху наклеїти скетчем (пігменти нестійкі, швидко руйнуються і втрачають колір при дії світла та кисню). Розрахувати значення *R_f* для кожного з пігментів. Відзначити у висновку переваги методу розділення пігментів за допомогою паперової хроматографії.

витажку із зеленого листа в співвідношеннях 1:1, 1:3, 1:5, 1:15 та 1:30. Для порівняння розглянути спектр бензинової витажки з коренеплоду моркви, що містить каротин, і спиртовий розчин ксантофілу, отриманий при розділенні пігментів за Краусом.

Таблиця 3.1.

Розчин	Поглинання						
	ф	с	б	з	ж	п	ч
Хлорофілу							
Каротину							
Ксантофілу							

Завдання: замальовати спектри за формою, наведеною в таблиці 3.1, причому ділянки, які поглинаються, закрасити чорним, а видимі ділянки — кольоровими олівцями. Зробити висновок щодо спектрів поглинання різних фотосинтетичних пігментів.

Висновок: -----

3.1.5. Флуоресценція хлорофілу

Флуоресценція є світінням активності речовин при поглинанні ними світла. Флуоресценція хлорофілу, не будучи фотосинтетично утилізованою формою енергії, служить ознакою його фотохімічної активності.

В темряві молекула хлорофілу знаходиться в основному стані з найнижчим енергетичним рівнем валентних електронів. При поглинанні кванта світла один з π -електронів молекули хлорофілу переходить на більш високий енергетичний рівень, внаслідок чого виникає електронно-збуджений стан молекули. При поверненні із збудженого стану в основний енергія електронів може витратитися на: 1) фотохімічну роботу, 2) збудження сусідніх молекул хлорофілу, 3) втрату у вигляді тепла, 4) флуоресцентне випромінювання. Незалежно від довжини хвилі спектр флуоресценції хлорофілу *a* має максимум при 670 нм. Хлорофіл сильно флуоресцирує в розчинах і слабо — в листі, що пояснюється щільною упаковкою молекул в тілакоїдах і використанням поглиненої енергії у фотохімічних процесах.

Хід роботи

Витажку пігментів в пробірці помістити на темному фоні у світлі настільної лампи або освітити пучком світла проєкційного ліхтаря. Розглянути витажку з тієї сторони, звідки падає світло (рис.3.4.).

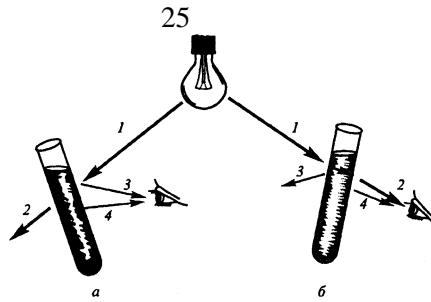


Рисунок. 3.4. Спиртова витяжка хлорофілу у відбитому (а) і прямому промінні (б):

1 — світло лампи, що освітлює пробірку з розчином хлорофілу та збуджує його флуоресценцію;

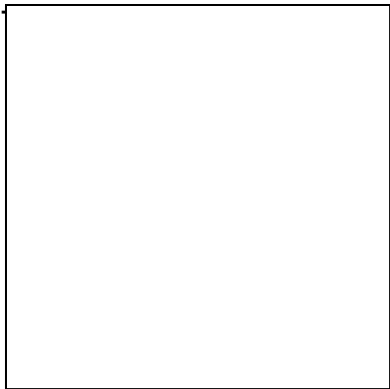
2 — світло лампи, що проходить через пробірку з розчином хлорофілу;

3 — світло лампи, відбите від пробірки;

4 — флуоресценція хлорофілу.

Завдання: відзначити забарвлення розчину і зробити висновок про причину флуоресценції.

Малюнок

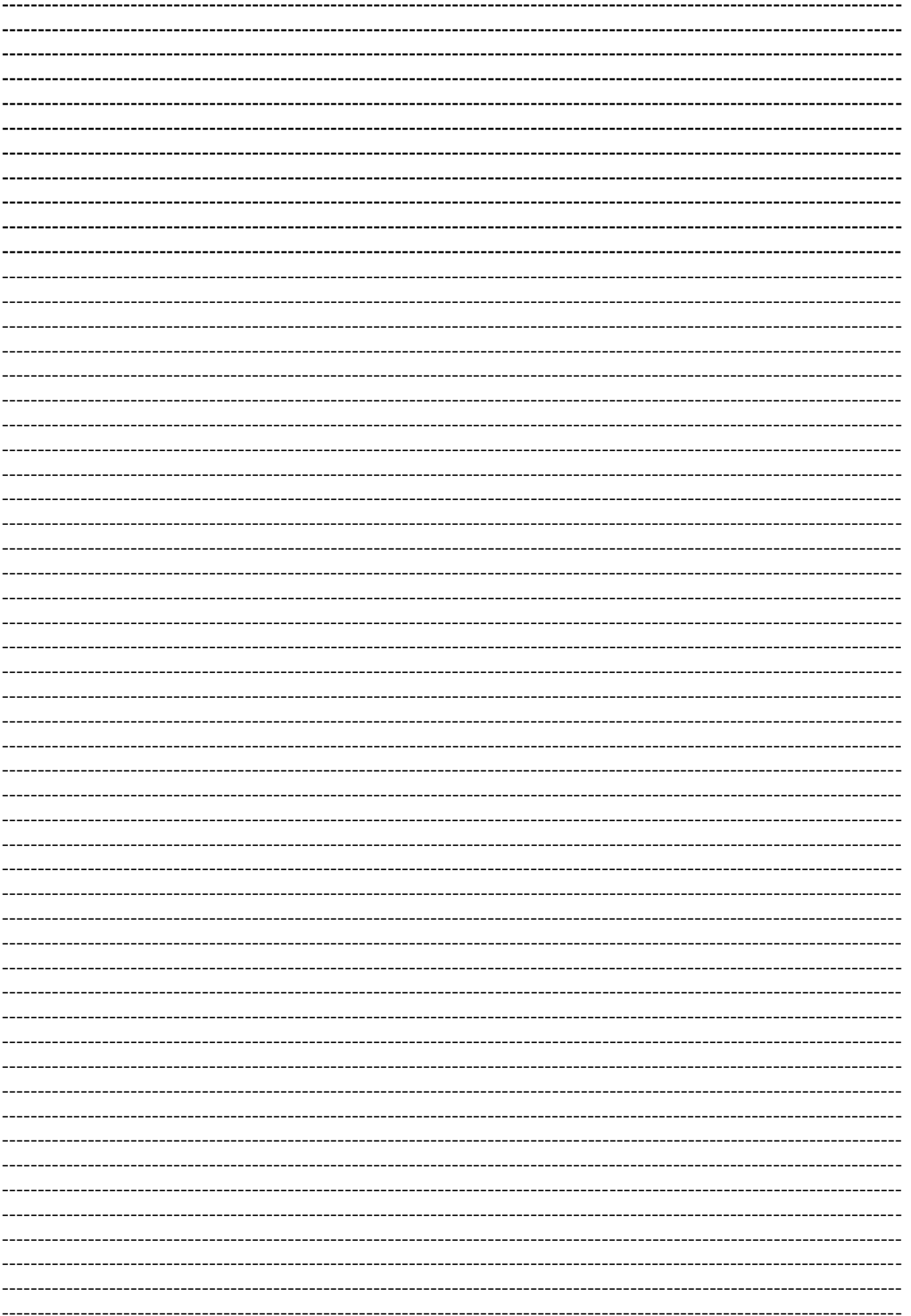


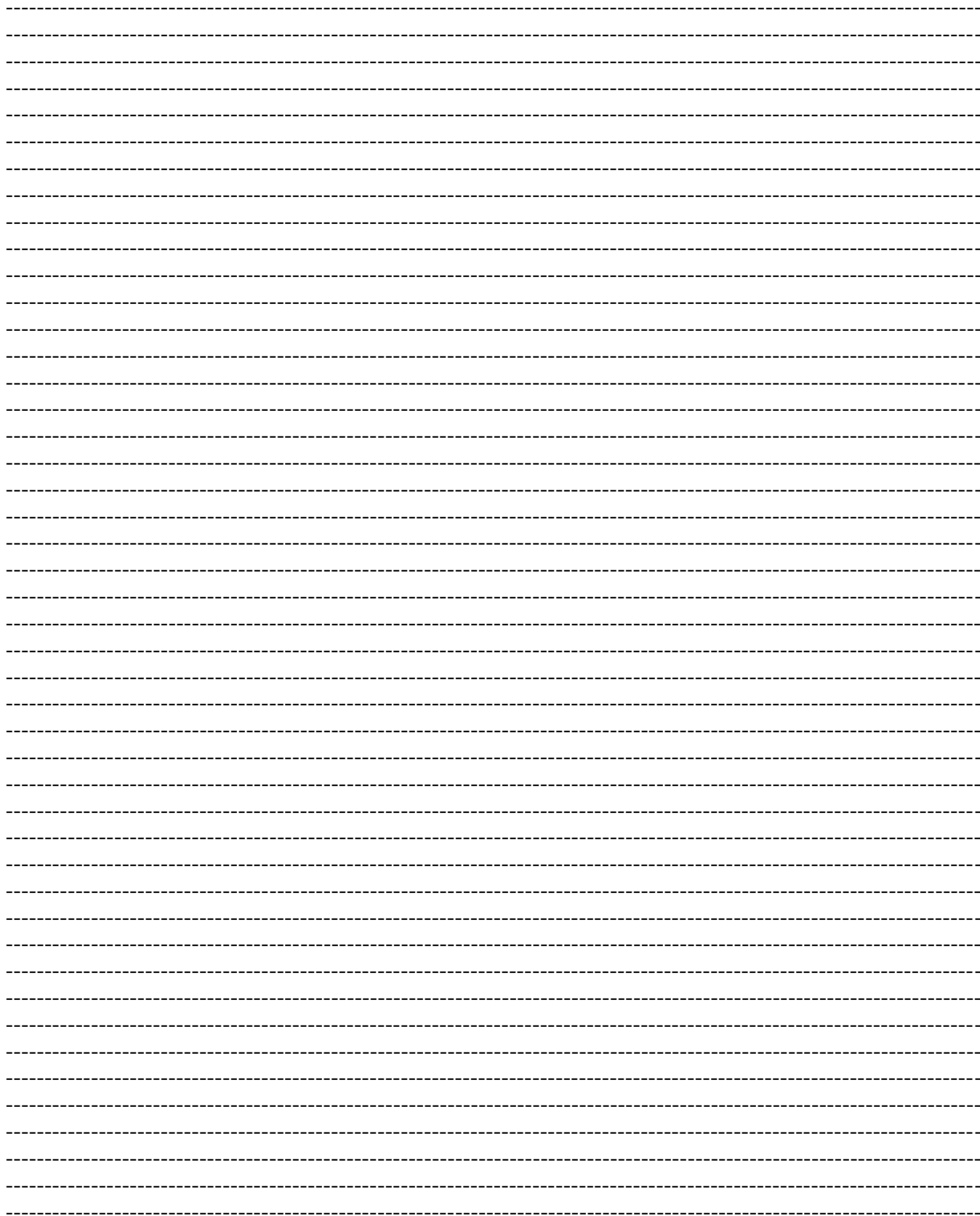
Висновок: -----

Завдання: розв'язати наступні задачі:

1. Скільки органічної речовини накопичує рослину за 15 хв, якщо відомо, що інтенсивність фотосинтезу складає $20 \text{ мг CO}_2/\text{дм}^2 \cdot \text{годину}$, а площа листків — $2,5 \text{ м}^2$?
2. За 20 мін пагін, площа продихової поверхні якого складає 240 см^2 , поглинув 16 мг вуглекислого газу. Обчисліть інтенсивність фотосинтезу.
3. Продуктивність фотосинтезу за 10 годин складала 200 мг глюкози, що складає $2/3$ дійсної продуктивності. Скільки кисню при цьому утворилося (весь кисень виділився в атмосферу)?
4. Простежте шляхи переміщення і метаболічну долю атома водню з молекули води від моменту, коли вода у вигляді дощу потрапляє в ґрунт, і до моменту, коли цей атом закінчує свій шлях і опиняється в молекулі крохмалю в хлоропласті листа.
5. У рослин, які ростуть на ґрунтах, де не вистачає певних мінеральних речовин, фотосинтез часто сповільнений. Відзначте речовини, брак яких міг би викликати такий ефект.

Відповідь: -----





Розділ IV ДИХАННЯ РОСЛИННОГО ОРГАНІЗМУ

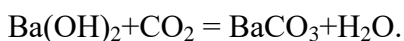
Мета заняття.

Визначити функціональну активність дихальних процесів в залежності від дихального субстрату та стану рослини.

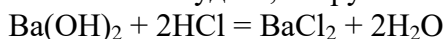
4.1. Визначення інтенсивності дихання

Матеріали і обладнання: 1) проросле і непроросле насіння; 2) 0,1 н розчин Ва(ОН)₂; 3) 0,2н розчин щавлевої кислоти; 4) 5% розчин фенолфталеїну в крапельниці; 5) терези з важками; 6) однакові конічні колби на 250 мл з гумовими пробками, в які вставлені металеві гачки (3 шт.); 7) шматки марлі; 8) стакан з водою.

Для визначення інтенсивності дихання за кількістю виділеного діоксиду вуглецю в замкнуту судину поміщають наважку досліджуваного матеріалу і певну кількість розчину лугу (рис.1.). Двооксид вуглецю, що виділяється в процесі дихання, реагує з лугом, внаслідок чого концентрація розчину зменшується:



Через певний час луг, що залишився в судині, титрують:



Порівнюють отриману величину з результатом титрування такої ж кількості початкового розчину лугу. Останнє необхідне для визначення початкової концентрації лугу і одночасно для обліку тієї невеликої кількості СО₂, яка містилася в судині до досліду, а також що поглинається лугом під час відкриття колби. Різниця між результатами титрування вмісту контрольної і дослідної колб прямо пропорційна кількості виділеного при диханні СО₂.

Тривалість досліду залежить від розміру наважки і інтенсивності дихання досліджуваного об'єкту. При дуже короткій експозиції різниця між результатами титрування контрольної і дослідної колб буде недостовірною. Якщо ж в дослідній колбі залишиться дуже мало бариту, то може відбутися неповне поглинання СО₂. Бажано тому підібрати таку експозицію, щоб на зв'язування СО₂ було витрачене 20 - 50% лугу (якщо, наприклад, на титрування бариту в контрольній колбі пішло 10 мл щавлевої кислоти, то на титрування розчину в дослідній колбі повинне піти не більше 8 і не менше 5 мл).

Хід роботи

Помістити наважку дослідного матеріалу (5 г) в марлевий мішечок і прикріпити його до пробки гачком, вставленим в пробку.

Провести пробну збірку установки, перевіривши, чи вільно проходить мішечок з матеріалом через горло колби і чи не опускається він дуже низько. Налити в колбу 10 мл розчину Ва(ОН)₂. Швидко опустити в колбу матеріал, злегка змочити пробку водою (для герметичності) і щільно (обертальним рухом) закрити колбу пробкою. Записати час початку експозиції.

Задача роботи — порівняння інтенсивності дихання різних об'єктів. Для цього потрібно узяти дві колби і помістити в них проросле і непроросле насіння.

В контрольну (порожню) колбу також налити 10 мл бариту і щільно закрити пробкою. Колби з об'єктами, що містять хлорофіл, необхідно на весь час досліду помістити в темряву для виключення процесу фотосинтезу.

Час від часу колби слід обережно похитувати, щоб порушити плівку ВаСО₃, перешкоджаючу повноті поглинання СО₂, при цьому не допускати попадання жодної краплі розчину на мішечок з матеріалом.

Через 1 годину вийняти матеріал, швидко закрити колбу пробкою і відмітити час закінчення досліду. Внести в колби по 2—3 краплі фенолфталеїну і відтитрувати луг, що залишився, 0,2 н розчином щавлевої кислоти до зникнення рожевого відтінку.

Контрольну колбу можна титрувати через 20 хв після того, як налитий розчин бариту (протягом цього часу колбу необхідно збовтувати).

Результат записати в таблицю 4.1:

Таблиця 4.1

Об'єкт	Наважка, г	Об'єм Ва(OH) ₂ , мл	Час, год	Витрата щавлевої кислоти на титрування	Інтенсивність дихання, мг/г × год

Інтенсивність дихання обчислюють за формулою 4.1:

$$I = \frac{(a - b) \times 0,55}{p \times t}, \quad (4.1)$$

де a — результат титрування вмісту контрольної колби;
 b — результат титрування вмісту дослідної колби;
 $0,55$ — кількість мг CO₂, еквівалентна 1 мл 0,2 н. щавлевої кислоти;
 p — наважка, г;
 t — експозиція, год.

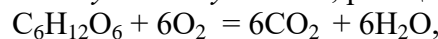
Завдання: зробити висновок, зіставив інтенсивність дихання різних об'єктів з різними дихальними субстратами (білками, жирами, вуглеводами) на різних етапах онтогенезу (проросле та непроросле насіння).

Висновок: -----

4.2 Визначення дихального коефіцієнта

Дихальним коефіцієнтом (ДК) називається відношення об'єму виділеного при диханні CO₂ до об'єму поглиненого O₂. Величина цього відношення характеризує хімізм дихання і може змінюватися залежно від того, які органічні сполуки використовуються на дихання.

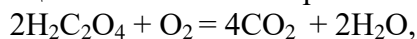
Якщо дихальним субстратом служать вуглеводи, реакція йде за рівнянням:



$$\text{тобто ДК} = \frac{6 CO_2}{6 O_2} = 1$$

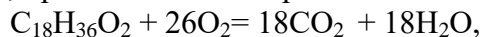
Якщо дихальним субстратом служать органічні кислоти, що містять більше кисню на 1 атом вуглецю, ніж вуглеводи, то дихальний коефіцієнт буде більше 1.

Так при диханні за рахунок шавлевої кислоти за рівнянням:



$$\text{ДК} = \frac{4 \text{ CO}_2}{\text{O}_2} = 4$$

Якщо на дихання використовуються сполуки (жири, білки), що збагачені воднем, то дихальний коефіцієнт буде менше 1, оскільки на окислення водню буде потрібно додаткова кількість кисню. Наприклад, при окисленні стеаринової кислоти:



$$\text{тобто ДК} = \frac{18 \text{ CO}_2}{26 \text{ O}_2} = 0,7$$

При нестачі кисню в атмосфері або неможливості його легкого доступу в клітини і тканини (занурене у воду насіння, тканини в глибині масивних органів) посилюється анаеробне дихання. При цьому окислення субстрату і виділення CO_2 відбуваються без поглинання кисню повітря, в цьому випадку ДК буде більше.

Прилад для визначення ДК складається з пробірки з щільно пригнаною пробкою, в яку вставлена вимірювальна трубка, занурена в бюкс з розчином еозину.

Матеріали і обладнання: 1) прилад для визначення ДК; 2) бюкси; 3) проросле насіння квасолі, соняшнику або пшениці; 4) пінцет; 5) фільтрувальний папір; 6) ножиці; 7) 0,1 н розчин $\text{Ba}(\text{OH})_2$; 8) годинник; 9) вата; 10) нитки; 11) штатив; 12) розчин еозину

Хід роботи

В пробірку, приблизно до половини, насипають проросле насіння і щільно закривають пробкою. Кінець капілярної трубки опустити в бюкс з розчином еозину, а колбу закріпити в штативі. Відразу після цих операцій відзначають положення меніска розчину еозину в трубці (А). За 10 хвилин відзначають число поділок на трубці, на яке піднявся еозин. Вимірювання ще раз повторити через той же інтервал часу. Після цього обережно відкрити пробку, вийнявши трубку з розчину еозину і видаливши його з неї.

Помістити під трубку в пробірку шматочок вати на нитці (вату заздалегідь змочити лугом), закрити щільно пробірку, укріпити її в штативі і кінець трубки знов опустити в розчин еозину. Знову провести виміри руху розчину в трубці (В) за ті ж проміжки часу.

Дослід поставити в триразовій повторності. Після закінчення досліду демонтувати систему і зважити насіння.

Перший відлік (А) відповідатиме різниці об'ємів поглиненого кисню і виділеного CO_2 за даний проміжок часу. Другий відлік (В), у варіанті з лугом виражає собою об'єм тільки поглиненого кисню, оскільки виділений CO_2 поглинається лугом.

Об'єм CO_2 знаходять за різницею:

$$\text{CO}_2 = \text{B} - \text{A}.$$

Звідси ДК:

$$\text{ДК} = \frac{\text{B} - \text{A}}{\text{B}} \quad (4.2)$$

Якщо 10 малих поділок на капілярній трубці дорівнює 0,1 мл газу, то за даними досліду можна обчислювати і інтенсивність дихання пророслого насіння в мл O_2 або CO_2 на 1г насіння за 1 годину. В цьому випадку для розрахунку використовують формулу:

$$I_d = \frac{(\text{B} - \text{A}) \times 60}{M \times n}, \text{CO}_2 \text{ на 1 г за годину.} \quad (4.3)$$

$$I_d = \frac{\text{B} \times 60}{M \times n}, \text{O}_2 \text{ на 1 г за годину,} \quad (4.4)$$

Де I_d - інтенсивність дихання;
 M - вага насіння в досліді, г;

Розділ V

МІНЕРАЛЬНЕ ЖИВЛЕННЯ РОСЛИННОГО ОРГАНІЗМУ

Мета заняття.

Дослідити основні елементи мінерального живлення рослин за їх значенням та функціональною активністю, оволодіти основними методами визначення вмісту та значення окремих мінеральних елементів та неорганічних сполук.

5.1 Виявлення нітратів в рослинах

Інтенсифікація землеробства в ХХ в. породила нітратну проблему. Азотні добрива, що вносяться без дотримання дози і правил, призвели до збільшення змісту нітратів в рослинних продуктах до розмірів, що загрожують здоров'ю людини.

Попадання великої дози нітратів в організм загрожує гострим отруєнням. Нерідкі отруєння динями, кавунами і іншими продуктами з підвищеним вмістом нітратів; можливо отруєння питною водою за рахунок попадання підвищеної кількості добрив у водні джерела.

Гранично допустима доза нітратів для дорослої людини за добу складає 500 мг, токсична - 600 мг, для немовляти доза в 10 мг може бути смертельною. Відомості про вміст нітратів в овочах, їх розподілі по органах і тканинах дані в таблицях 5.2 і 5.3.

Солі азотної кислоти, що поглинаються коренями з ґрунту, відновлюються в рослині до аміаку, який використовується для синтезу амінокислот і інших сполук. Для відновлення нітратів потрібен АТФ, що утворюється в процесі окислювального або фотосинтетичного фосфорилування.

При достатньому вмісті розчинних вуглеводів і високій активності відповідних ферментів перераховані біохімічні процеси відбуваються в клітинах кореня. Проте за несприятливих умов частина нітратів (нерідко вельми значна) може пройти через паренхіму кори кореня в незміненому вигляді. В цьому випадку нітрати потрапляють в судини ксилеми і підіймаються з висхідним струмом до листя, де і відбувається їх відновлення.

Визначення вмісту нітратів в соку, віджатому із стебел, черешків і пластинок листа, дозволяє судити про відновлення нітратів в коренях: чим менше в них виявляється нітрат-іонів, тим активніше відбувається цей процес в клітинах кореня. Зіставлення вмісту нітратів в різних органах рослини, наприклад в черешках, пластинках листа, коренях, дає уявлення про нітратредуктазну активність цих органів.

Для виявлення нітратів можна використовувати реактив з дифеніламіном, який у присутності іона NO_3^- дає синє забарвлення., за інтенсивністю якого можна судити про кількість нітратів в досліджуваному об'єкті.

У зв'язку з небезпекою, яку представляють нітрати для здоров'я людини, наводимо відомості про межі вмісту їх в овочах і баштанних культурах (табл. 5.1), а також дані про розподіл нітратів по тканинах і органах зелених рослин (табл. 5.2). Ці відомості дозволять уникнути токсичних доз нітратів.

Таблиця 5.1 Граничні кількості нітратів в овочах, мг/кг

Культура	Мінімум	Максимум	Культура	Мінімум	Максимум	Культура	Мінімум	Максимум
Кавуни	44	572	Перець солодкий	44	352	Крес-салат	320	4840
Баклажани	88	264	Петрушка	1760	1892	Картопля	44	968
Бруква	398	528	Ревінь	1760	2420	Лук Зелень.	44	1320

Горошок зелений	22	88	Редька чорна	1540	1760	Лук	66	880
Гірчиця салатна	320	1760	Редиска	440	2640	Морква	176	2200
Дині	44	484	Ріпа	660	880	Огірки	88	528
Капуста біла	66	2860	Салат	396	2860	Патисон	176	880
Гарбуз	308	1320	Квасоля	22	880	Шпинат	660	3960
Кріп	396	2200	Часник	44	308	Щавель	264	396
Кабачки	196	704	Бурак	44	2640	Естрагон	1320	2200

Таблиця 5.2 Вміст нітратів в різних органах зелених овочів, мг/кг

Орган	Культура		
	Шпинат	Коріандр	Кріп
Корінь	74	90	384
Стебло	833	163	487
Черешок листа	814	165	441
Пластинка листа	213	14	95

Міністерством охорони здоров'я встановлені наступні нормативи за змістом нітратів в сільськогосподарській продукції (в мг/кг по нітрат-іону). В чисельнику приводяться норми для ранніх і тепличних овочів, в знаменнику — для пізньої продукції відкритого ґрунту:

картопля — 250	огірки — 400/150	лук-перо — 800/600
капуста — 900/500	кавуни — 60	лук ріповий — 80
морква — 400/250	дині — 90	кабачки — 400
томати — 300/150	перець солодкий — 200	

У столового буряка і редиски необхідно видаляти верхню і нижню частини коренеплоду. В капусті найбільша кількість нітратів зосереджена у верхньому криючому листі і кочережці. Кабачки, огірки і патисони накопичують нітрати в шкірці і в частині, прилеглий до плодоніжки. Їх необхідно чистити і зрізати 2—3 см разом з плодоніжкою.

В картоплі нітратів нагромаджується менше, проте його вживають частіше за інші овочі і у великій кількості. Для зниження кількості нітратів в картоплі його слід замочувати на ніч в розчині NaCl.

Мета роботи: познайомитися з простим і доступним засобом визначення нітратів в рослинній сировині і грамотно оцінити їх кількість. Це необхідне для визначення дози внесення азотних добрив в період вегетації рослин, а також для вивчення того, як локалізовані нітрати в різних частинах і органах рослини, і оцінки їх кількості в харчових продуктах.

Матеріали і обладнання: 1) розчин KNO₃ або NaNO₃ в концентраціях, мг/л: 1000, 900, 800, 700, 600, 500, 400, 300, 200, 100, 50, 10 в невеликих склянках; 2) 1 % розчин дифеніламіну в концентрованій H₂SO₄ в крапельниці (берегти в темряві на підставці); 3) пінцет; 4) скляні палички; 5) фарфорові випарювальні чашки; 6) шматок скла; 7) кольорові олівці; 8) фільтрувальний папір; 9) ножиці; 10) ніж; 11) скальпель; 12) бритва.

Хід роботи

На поверхню предметного скла наносять краплі контрольних розчинів KNO₃ і додають одну краплю дифеніламіну. Заповнюють концентраційну шкалу забарвлення, відповідну певному вмісту нітратів (табл. 5.3). За допомогою цієї шкали кількісно оцінюють вміст нітратів в рослинному матеріалі, порівнюючи з нею дослідну пробу за забарвленням.

Беруть краплю соку рослинного матеріалу додають до нього краплю дифеніламіну. Оцінюють кількість нітратів згідно даним концентраційної шкали забарвлення (див. табл. 5.3),

заносять результати їх вмісту в таблицю 5.4. Змиваючи після закінчення сік, необхідно пам'ятати про властивості концентрованої сірчаної кислоти залишати опіки при попаданні на шкіру.

Таблиця 5.3 Концентраційна шкала забарвлення на нітрати

Концентрація KNO_3 , мг/л	Зображення кольору
10	
50	
100	
200	
300	
400	
500	
600	
700	
800	
900	
1000	
2000	

Таблиця 5.4 Вміст нітратів в рослинах

№ п/п	Вид рослини	Кількість NO_3^- , мг/кг

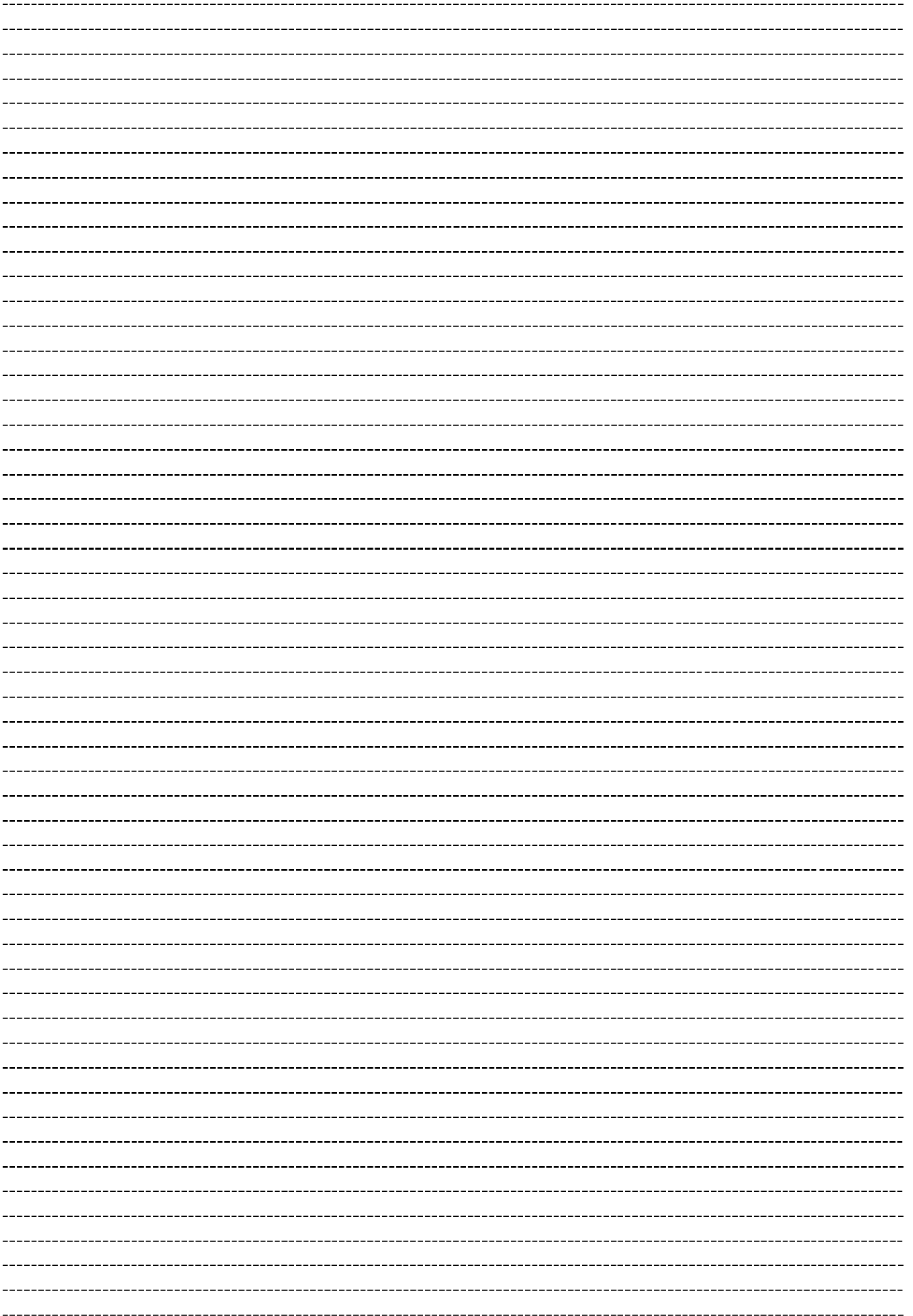
Завдання: в таблицю, оформлену по вищенаведеному зразку, записати результати аналізу тканин і органів досліджуваних рослин. Зробити висновок про можливість вживання цих рослин в їжу і про необхідність внесення азотних добрив у фазі вегетації.

Висновок: -----

Завдання: *розв'язати наступні задачі:*

1. Скільки аміачної селітри (NH_4NO_3) необхідно внести до вегетаційного посуду, який містить 2,7 кг ґрунту, виходячи з норми 0,08 г азоту на 1 кг ґрунту?
2. Як пояснити різке поліпшення засвоєння фосфориту вівсом при внесенні в ґрунт сірчаноокислого амонію?
3. У вегетаційному досліді вивчався вплив добрив на врожайність пшениці. Дослід був поставлений у чотирьох варіантах: 1) ґрунт (контроль), до якого добрива не вносили, 2) аміачна селітра, 3) суперфосфат, 4) аміачна селітра та суперфосфат. Врожай у другому варіанті був у 1,5 рази вищим, ніж у контролі, у третьому не відрізнявся від контролю, а в четвертому був у 2 рази більшим, ніж у контролі. Як пояснити отримані результати?
4. Визначте основні шляхи та форми надходження азоту до рослин.

Відповідь: -----



Розділ VI СТІЙКІСТЬ РОСЛИН.

Стійкість рослин — це їх здатність адаптуватися до несприятливої дії зовнішнього середовища, зберігаючи стабільність всіх фізіологічних процесів. Чим менше відхилення якого-небудь процесу або реакції від норми в результаті дії екстремального чинника і чим швидше вони повертаються до норми, тим вище стійкість рослин. Механізми досягнення стійкості у них різні і можуть відбуватися як на генетичному, так і на фізіолого-біохімічному і морфологічному рівнях.

При стресовому впливі на тканині, наприклад при підвищенні температури, мембрани клітини, у тому числі і мембрани хлоропластів, втрачають властивість напівпроникності. Внаслідок цього іони водню, присутні в клітині, заміщають іон Mg^{2+} в молекулі хлорофілу, який перетворюється у феофітин, що має бурий колір. Чим більше хлорофілоносних клітин пошкоджено, тим більша площа листа буріє.

Мета заняття.

Дослідити основні фізіолого-біохімічні показники стійкості рослин до дії різних абіотичних чинників навколишнього середовища, оволодіти основними методами визначення холодостійкості.

Дослідити основні фізіолого-біохімічні характеристики рослин, які змінюються протягом онтогенезу, зокрема виходу зі стану спокою, ростових рухах та загального росту, оволодіти основними методами визначення типу рухових переміщень органів рослин та прискорення виходу зі стану спокою різних рослинних об'єктів

6.1. Вплив кріопротекторів на життєздатність клітин рослинних тканин при заморожуванні.

Метод заснований на тому, що при пошкодженні клітин їх вміст (цитоплазма і сік вакуолі) виходить назовні. А якщо у вакуолі міститься багато пігментів, наприклад, антоціанів, як в коренеплоді столового буряка, то по інтенсивності забарвлення розчину можна встановити ступінь пошкодження клітин, а отже і стійкість.

Матеріали і обладнання: 1) кристалізатор; 2) ніж; 3) бритви; 4) термометр з шкалою від -50 до +50 °С; 5) водяна лазня; 6) електроплитка, 7) пробірки; 8) штатив для пробірок; 9) хімічні стакани; 10) лінійки; 11) пробкове свердло великого діаметра (8—10 мм); 12) NaCl; 13) сніг або кубики льоду; 14) 12%-вий розчин гліцерину; 15) 2М розчин сахарози; 16) піпетки на 5 – 10 мл.

Хід роботи

З коренеплоду столового буряка пробковим свердлом діаметром 8 - 10 мм вирізають циліндр і розрізають його на диски завтовшки 2 - 3 мм. Всі диски (загальне їх число 35) повинні бути однаковими. Потім їх поміщають в хімічний стакан і ретельно промивають водою, щоб видалити клітинний сік, що витікає з пошкоджених клітин.

Відмиті кружечки по 5 штук поміщають в 7 пробірок, в кожній з яких знаходиться по 5 мл наступних рідин: дистильованої води; 2М розчину сахарози; 1М розчину сахарози; 12 % розчину гліцерину; 12 % розчину гліцерину і 2 М розчину сахарози в співвідношенні 1:1 (по 2,5 мл); 12 % розчину гліцерину і 1 М розчину сахарози в співвідношенні 1:1 (по 2,5 мл); 12 % розчину гліцерину і 0,5 М розчину сахарози в співвідношенні 1:1 (по 2,5 мл).

Склад сумішей розчинів сахарози і гліцерину можна міняти (у такому разі заповнюють додаткові пробірки), що може бути особливо необхідний при зміні об'єкту, оскільки кожний новий об'єкт вимагає індивідуального підбору кріопротекторів і їх сумішей.

Всі пробірки поміщають в охолоджуючу суміш, що складається з трьох частин снігу і однієї частини сухої кухонної солі (температура – 21 °С). Пробірки витримують в ній до повного замерзання вмісту.

Після цього пробірки розморожують при кімнатній температурі. Після відтаювання розчини ретельно перемішують і порівнюють інтенсивність їх забарвлення візуально (за 7-

7.2.3. Гідротропізм

Для коренів властивий гідротропізм. З його допомогою вони завжди ростуть у напрямку до більш зволоженої ділянки ґрунту. Гідротропічна чутливість рослин, як і геотропічна, зосереджена на кінці кореня.

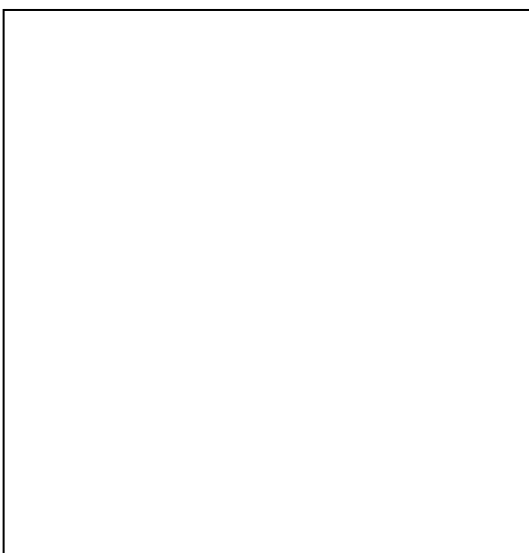
Матеріали і обладнання. 1) насіння льону або гірчиці; 2) скляні пластинки; 3) шматок скла, не набагато більший отвори банки; 4) фільтрувальний папір; 5) банки.

Хід роботи.

В обидві банки наливають воду завтовшки приблизно 5 см, скляні пластинки обертають фільтрувальним папером, зволожують його і на одній із сторін розкладають в рядок сухе насіння льону або гірчиці. Стикаючись з вологою, насіння змочується і прилипає до паперу. Пластинку ставлять похило в банку, так, щоб насіння опинилось на нижній стороні пластинки. Одну банку накривають шматком скла, іншу залишають відкритою. Обидві банки ставлять в темне місце. В першій банці, де вологість рівномірною, корені будуть направлені вертикально до поверхні води по напрямку сили земного тяжіння. У відкритій банці, в якій верхні пласти повітря менш вологі, корені ростуть у напрямку до більшої вологості і стеляться по вологому фільтрувальному паперу.

Завдання: зробити висновки про причину росту кореня у певному напрямку.

Малюнок



Висновок: -----

7.3 Значення листя для вкорінення живців (за Руге)

Матеріали і обладнання: 1) традесканція; 2) стакани фаянсові або скляні, обгорнуті чорним папером; 3) лезо бритви.

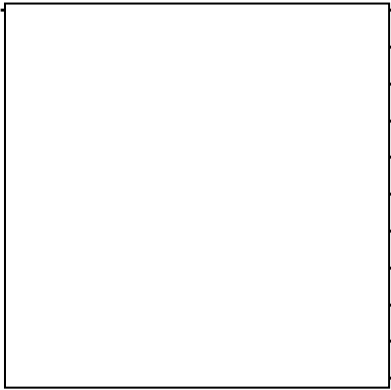
Ауксини утворюються у верхівоквих меристемах стебел, в зародках, що ростуть, у верхівках колеоптилів, а також в листі, причому з листя вони транспортуються в стебла, де і можуть викликати утворення додаткових коренів. Порівняно небагато рослин (тополя, деякі види верби) містять в стеблах великий запас ауксинів і здатні до вкорінення безлистя живців. Для вегетативного розмноження більшості рослин використовують зелені (облиственні) живці.

Хід роботи

Зрізати шість по можливості однакових живців традесканції з 5—6 листками. У двох живців видалити все листя, у двох інших залишити два верхні листи, у третьої пари залишити всі листки. Поставити живці в стакани з водопровідною водою і виставити на світло (у зв'язку з тим, що світло гальмує коренеутворення, потрібно використовувати фаянсові стакани або обернути скляні стакани чорним папером).

Завдання: через 1—2 тижні оглянути і замалювати рослини. Зробити висновок про значення листа для утворення додаткових коренів.

Малюнок



Висновок:

Індивідуальне завдання з фізіології та біохімії рослин

Варіант 1

1. Поясніть, чому рослинна їжа є обов'язковим компонентом раціону людини та тварин?
2. Один шматочок епідерми синьої цибулі витримали в гіпертонічному розчині KNO_3 , а другий — в $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$. В клітинах якого зі шматочків швидше настане випуклий плазмоліз? Чому?
3. Дві живі клітини симпластно контактують між собою. В якому напрямку рухатиметься вода, якщо осмотичний тиск клітинного соку першої клітини становить 10 МПа, а другої — 8 МПа? Розгляньте можливі випадки.
4. Яка фізіологічна природа наступних явищ у житті рослин: а) навесні до розпускання листя, незважаючи на відсутність транспірації, пасока успішно пересувається на висоту стебла; б) вранці відбувається розкривання продихової щілини; в) опівдні під час максимальної температури, змінюється форма замикаючих клітин та продиhi закриваються?
5. Дві однакові посудини заповнили ґрунтом: одну — піщаним, а другу — глинистим. Ґрунт в обох посудинах полили до повного насичення водою (вміст води відповідає повній вологості ґрунту). В якій посудині буде вищим: а) загальний вміст води; б) вміст доступної для рослин води; в) мертвий запас води? Відповідь обґрунтуйте.
6. Сіянець був двічі зважений з інтервалом 5 хв. Результат першого зважування 2,52 г, а другого – 2,49 г. Після цього рослину висушили до абсолютно сухого стану, причому її маса становила 1,02 г. Знайти економність транспірації (швидкість витрачання запасу води). Відповідь виразити в % за годину.
7. Чому в багатьох рослин опівдні спостерігається не поглинання, а CO_2 ?
8. Як зв'язана тонка структура хлоропласта з його функцією?
9. Скільки органічної речовини утвориться в рослині за 30 хв, якщо відомо, що інтенсивність фотосинтезу становить $20 \text{ мг CO}_2/\text{дм}^2 \cdot \text{год}$, а площа листової поверхні дорівнює 5 м^2 ?
10. Чому такі рослини, як сорго, цукрова тростина та кукурудза, можуть успішно синтезувати органічні речовини при напруженні метеофакторів? Відповідь поясніть переліком адаптивних пристосувань.
11. У чому подібні і чим відрізняються друг від друга процес фотосинтезу і процес дихання?
12. Як проміжні продукти аеробного дихання піддаються: 1) декарбоксилуванню (відщепленню CO_2), 2) окисленню (відбиранню водню).
13. На світлі при температурі 25°C рослина інтенсивно поглинала вуглекислий газ. При підвищенні температури до 40°C поглинання CO_2 змінилося інтенсивним його виділенням. Поясніть причину зміни газообміну.
14. Чому зерно, яке закладають на зберігання, повинно мати вологість не вищу 12-14%? Що станеться, якщо вологість зерна буде вищою?
15. Під час пересування речовин з кори до стели через пропускні клітини ендодерми (відрізняються від решти клітин живим протопластом) потік речовин проходить мембранний контроль. Чи відрізнятимуться механізми транспорту води та іонів через мембрани пропускних клітин і чому?
16. Скільки суперфосфату з 7%-ним вмістом фосфору слід внести на ділянку площею 5 м^2 , щоб на 1 га ділянки припадало 14 кг фосфору?
17. Як пояснити різке поліпшення засвоєння фосфориту вівсом при внесенні в ґрунт сірчаноокислого амонію?
18. Хімічний аналіз насінини віки, які пророщували без доступу світла, показав, що за 30 діб вміст крохмалю в них зменшився з 36% до 2%, а вміст розчинних вуглеводів зріс за цей період лише від 5% до 6%. Як пояснити цю невідповідність?
19. З пагона яблуні повністю зірвали листя. Чи зможуть нормально розвиватися плоди, які залишилися на пагоні?
20. Чому в північних рослин, що живуть на заболочених ґрунтах, є багато ознак ксерофітів? Перерахуйте ці ознаки.

Варіант 2

1. Відомо, що в період весняного сокоруху в пасоці деревних рослин міститься багато розчинних цукрів. Яке їх походження?
2. Клітина знаходиться в стані повного насичення водою. Осмотичний тиск клітинного соку дорівнює 8 атм. Обчисліть всисну силу цієї клітини.
3. Чому при вивченні впливу іонів K^+ та Ca^{2+} на в'язкість цитоплазми використовують 1,0 М розчин нітрату калію та 0,7 М розчин нітрату кальцію? Чому використовують різні концентрації плазмолітиків?
4. Чому дорівнює всисна сила та тургорний тиск зануреної в розчин клітини після встановлення рівноваги між клітиною і розчином, якщо відомо, що осмотичний тиск клітинного соку 1,6 МПа, а зовнішнього розчину – 1,2 МПа.
5. Транспіраційний коефіцієнт дорівнює 125 мл/год. Обчисліть продуктивність транспірації.
6. Як пояснити "плач" берези при пораненні стовбура ранньою весною і відсутність цього явища влітку?
7. В яких листках, добре освітлених чи затінених, товщина мезофілу та вміст хлорофілу вищі і чому?
8. До спиртової витяжки пігментів додали вдвічі більший об'єм бензину та декілька крапель води, добре перемішали і дали відстоятися. Яким буде забарвлення спиртового та бензинового шарів? Відповідь поясніть.
9. Скільки органічної речовини накопичує рослина за 15 хв, якщо відомо, що інтенсивність фотосинтезу становить $20 \text{ мг CO}_2/\text{дм}^2 \cdot \text{год}$, а площа листків — $2,5 \text{ м}^2$?
10. У рослин, що зростають на ґрунтах, де не вистачає певних мінеральних речовин, фотосинтез часто уповільнений. Зазначте речовини, нестача яких міг би викликати такий ефект.
11. Яка роль ПФЦ? Порівняйте з циклом Кребса. Порівняйте енергетику обох циклів.
12. 15г бруньок за 30 хв виділили 3 мг CO_2 . Обчисліть інтенсивність дихання на 1 г сухої маси за 1 год, якщо відомо, що вміст сухої речовини в бруньках становить 40%.
13. Відомо, що процес дихання залежить від наявності кисню. При підвищенні його вмісту в навколишньому середовищі бродіння уповільнюється. Які явища при цьому спостерігаються? Що таке ефект Пастера?
14. В рослини, яку виростили на ґрунті з подвійною дозою нітратів, визначали вміст їх у корені, стеблі та листках дифеніламіном. Які висновки про перетворення нітратів можна зробити, якщо: а) в жодному з органів нітрати не виявлені; б) нітрати виявлені в корені, в значній кількості в стеблі, але відсутні в листках; в) нітрати в корені не виявлені, але в невеликій кількості знайдені в стеблі та листках?
15. Чому органічні добрива рекомендують вносити великими дозами і задовго до посіву?
16. Чому вираз "корінь усмоктує ґрунтовий розчин" помилковий?
17. З двох рослин соняшнику зрізали верхівки стебла, після чого на поверхню зрізу однієї з цих рослин нанесли пасту з індолілоцтової кислоти. Які результати досліду можна очікувати?
18. Чому при будь-якому положенні насінини в ґрунті корені ростуть вниз? В якому напрямку ростимуть корінці проростків у стані невагомості?
19. Чому озимі сорти злаків не цвітуть, якщо їх посіяти навесні?
20. Поясніть виростання в пустелі тюльпанів, які не відрізняються високою посухостійкістю?

Варіант 3

1. В колбу налили солодову витяжку, яка містить фермент амілазу, і прокип'ятили. Після охолодження в колбу добавили крохмальний клейстер, а за 30 хв декілька крапель слабого розчину KI. Як забарвиться розчин у колбі? Чому?
2. Обчисліть осмотичний тиск клітинного соку при температурі 17°C , якщо відомо, що ізотонічний розчин сахарози для даної клітини має концентрацію 0,3 М (для сахарози $i = 1$)?

3. При зануренні молодого листочка елодеї в гіпертонічний розчин сахарози у клітин, що закінчили ріст, через 20 хвилин наступив випуклий плазмоліз, тоді як в клітинах, що ростуть, близько однієї години зберігався угнутий плазмоліз. Як пояснити одержані результати?
4. Корені однакових саджанців занурили в розчини нешкідливих солей. Визначте механізм поглинання води саджанцями, якщо осмотичний тиск клітинного соку їхніх кореневих волосків дорівнює 0,5 МПа, а осмотичний тиск розчинів солей — 0,1 МПа; 0,3 МПа; 0,5 МПа; 0,7 МПа?
5. Як пояснити, що при загальній невеликій площі продихових щілин (не більше 1% від площі листа) інтенсивність транспірації при сприятливих умовах водопостачання наближається до інтенсивності евапорації (випарювання з вільної водної поверхні)?
6. Визначити економність транспірації за наступними даними: інтенсивність транспірації 25 г/м^2 , площа листа 50 см^2 , сира маса рослини 20г, абсолютно суха маса – 9г.
7. Які фізіологічні показники можна використати для визначення строку поливу рослин? Чому ці показники більш надійний критерій потреби рослин в черговому поливі, чим візуально спостереження зав'ядання листків?
8. Рослину освітлювали спочатку зеленим, а потім синім світлом однакової інтенсивності. Коли спостерігатиметься інтенсивніше поглинання CO_2 листками. Чому?
9. При яких умовах РБФ-карбоксилаза, може діяти також і як РБФ-оксигеназа? Який ймовірний результат такої реакції?
10. Як пояснити добре природне поновлення (ріст молодих сіянців) під пологом материнського деревостою ялини, липи, клена і загибель подросту дубу, берези, сосни? Які причини загибелі багатьох лісових трав (кислиці, майнику) після вирубки лісу?
11. Зміст застосування терміну «окислення»? Що об'єднує різні види окислення?
12. Розпад макромолекул (полісахаридів, ліпідів, білків і нуклеїнових кислот) часто йде по шляху, відмінному від синтезу. Підкріпите це твердження відповідними прикладами.
13. Інтенсивність дихання насіння становить $0,15 \text{ мг CO}_2$ на 1 г сухої речовини за 1 год. Скільки вуглекислого газу виділить 1,2 кг насіння за 5 діб, якщо вміст води в насінні становить 14%?
14. Дві однакові рослини вирощувалися за різних умов: одна в посудині, заповненій ґрунтом масою 10 кг, друга — в посудині з водною витяжкою з ґрунту рівного об'єму. Яка з рослин ростиме інтенсивніше і чим це пояснюється?
15. До соку, віджатому зі стебла, черешка й листової пластинки, додали розчин дифеніламіну в сірчаній кислоті. Не один із перерахованих об'єктів не дав синього забарвлення, не дивлячись на те що ґрунт, на якому вирощувалася рослина, був багатий на нітрати. Зробити висновок на основі отриманих результатів.
16. Які з нижче перерахованих добрив односторонні, двосторонні і багатобічні: калійна селітра, гній, хлорид калію, зола, бура, аміачна селітра?
17. Чому хризантеми зацвітають тільки восени? Чи можна домогтися цвітіння цих рослин влітку?
18. Сіянці сосни вирощували в трьох вегетаційних посудинах з ґрунтом, вологість якого дорівнювала: а) 30% повної вологоємності; б) 60% повної вологоємності; в) 90% повної вологоємності. Через 3 міс виміряли довжину головного пагона сіянців, яка дорівнювала відповідно: а) 3,9 см; б) 11,5 см; в) 6,4 см. Як пояснити результати цього дослідження?
19. Що більш небезпечно для рослин: зимові морози або пізні весняні заморозки?
20. Чому видалення коренів проростків за звичай призводить до зупинки росту стебла і руйнуванню ядер клітин зони росту?

Варіант 4

1. На пластинці, виготовленій з крохмального агару, розмістили розрізані навпіл насінини ячменю (пророслі і ті, які ще не проросли). За 1 год насіння зняли з пластинки і залили її слабким розчином KI. Поясніть результати дослідження. Напишіть рівняння відповідних хімічних реакцій.

2. Деякі антибіотики, наприклад, валіноміцин та граміцидин порушують функції мембран. Як можна пов'язати викликані ними зміни з антибіотичною активністю цих речовин?
3. Осмотичний тиск клітинного соку дорівнює 10 атм, а тургорний тиск цієї клітини дорівнює $\frac{3}{4}$ від максимальної величини. Чому дорівнює всисна сила клітини?
4. У яких рослин більший осмотичний тиск клітинного соку: у тих, що ростуть на солончаках чи у рослин незасолених ґрунтів? У тих, що ростуть в тінистому вологому місці чи у рослин степу? Як пояснити ці відмінності?
5. У польових умовах амарант та пшениця вирощуються на однаковому ґрунті. За відсутності опадів стійке в'янення в амаранту спостерігається при вологості ґрунту 18%, у пшениці — при вологості ґрунту 15%. З якими особливостями рослин пов'язані ці відмінності?
6. На нижню поверхню листа ліщини в різні години ясного літнього дня наносили краплі ксилолу, бензолу та етилового спирту, при цьому спостерігали таке: о 5 год. ранку названі рідини не залишали на листках ніякого сліду, о 7 год. одержали плями від ксилолу та бензолу, о 9 год. одержали плями від усіх трьох рідин, а о 13 год. — плям на листі не спостерігалось. Поясніть результати дослідів.
7. Що перешкоджає розриву водяних ниток в ксилемі? Чому вважається, що розрив все ж можливий?
8. Як пояснити різне забарвлення спиртової витяжки з зеленого листа світлі, що проходить і у світлі, що відбивається? Чому дуже концентровані розчини хлорофілу мають темно-червоний колір?
9. Щоб визначити інтенсивність фотосинтезу пагона, площа листків якого дорівнює 80 см^2 , його помістили в колбу. Через 15 хв пагін вийняли, а в колбу налили 20 мл розчину $\text{Ba}(\text{OH})_2$. Після збовтування вміст колби протитрували HCl , витративши 18 мл розчину. На титрування аналогічної кількості бариту в контрольній колбі (без рослини) витратили 14 мл HCl . Обчисліть інтенсивність фотосинтезу, якщо відомо, що 1 мл HCl еквівалентний $0,6 \text{ мг CO}_2$.
10. Незважаючи на те, що інтенсивність фотосинтезу сосни приблизно в 3 рази менше за березу (при однакових зовнішніх умовах), врожаї органічної маси цих порід при розрахунку на 1 га майже однакові. Як це пояснити?
11. Які основні шляхи окислення дихальних субстратів? Як працюють оксидоредуктази?
12. Яка роль фосфору в процесі дихання?
13. Скільки кисню поглинають рослини загальною масою 2 кг в кімнаті об'ємом 45 м^3 за 10 год, якщо відомо, що середня інтенсивність дихання їх становить 12 мл кисню на 1 г за добу? Відповідь обґрунтуйте розрахунками.
14. В яких листків (верхніх чи нижніх) проявляються виражені симптоми дефіциту азоту, калію та фосфору?
15. Внесення азотних добрив у спекотний та сухий період літа спричинило не підвищення, а навіть деяке зниження врожаю дослідних ділянок порівняно з контрольними ділянками. Чому?
16. Скільки суперфосфату (з вмістом P_2O_5 18%) необхідно внести на ділянку площею 5 м^2 , щоб на 1 га ділянки припадало 54 кг P_2O_5 .
17. Коли спостерігається інтенсивніший ріст рослин — вдень чи вночі? Дія яких факторів зумовлює різницю в інтенсивності росту?
18. Довгоденна дводольна рослина вирощувалась на короткому (10-годинному) дні, а короткоденна рослина - на довгому (18-годинному) дні. Як будуть зростати ці рослини? Чи зацвітуть вони?
19. Як пояснити в'янення теплолюбних рослин при низьких позитивних температурах?
20. Визначте, до яких видів рухів відносяться наступні явища (якщо має місце тропізм, то зазначте, який саме — позитивний, негативний або поперечний): а) обертання суцвіть соняшника до сонця; б) підняття соломини злаку після полягання; в) ріст кореневища поперек схилу; г) ріст пилкової трубки у напрямку до насінневого зачатка; д) ріст спорангієносців цвілевого гриба мукора у бік від вологого субстрату; е) закривання суцвіть кульбаби в похмуру погоду

Варіант 5

1. До подрібненого рослинного матеріалу додали води і прокип'ятили на водяній бані. Отриману витяжку поділили на дві пробірки. В першу пробірку додали фелінгову рідину (рівного об'єму) і довели її до кипіння. В другу пробірку додали кілька крапель 20%-ного розчину HC1 , довели на спиртівці її вміст до кипіння, додали фелінгову рідину та знову нагріли до $100\text{ }^\circ\text{C}$. В першій пробірці колір рідини залишився синім, а в другій — з'явився осад цегляно-червоного кольору. Чим зумовлене утворення осаду в другій пробірці? Напишіть рівняння відповідних хімічних реакцій.
2. Дослідним шляхом встановлено, що осмотичний тиск клітинного соку в клітинах бульби картоплі при температурі 18°C дорівнює 12 кПа. Розчин сахарози з якою концентрацією (в молях) необхідно взяти, щоб в даних клітинах відбувся плазмоліз?
3. В яку сторону зміниться довжина кусочка рослинної тканини при зануренні її в розчин з осмотичним тиском 1 МПа, якщо відомо що кусочок цієї ж тканини в розчині з осмотичним тиском 0,8 МПа не змінив своїх розмірів.
4. Скільки води випарує рослина за 5 хв, якщо площа листової поверхні становить 200 см^2 , а інтенсивність транспірації — $10\text{ г H}_2\text{O/ дм}^2 \cdot \text{год}$?
5. Двохрічна гілка сосни зрізана з дерева, нижня частина її очищена від хвої, після чого гілку поставили в банку з розчином червоної фарби (еозину). За тиждень зробили поперечний зріз вище рівня рідини в банці. Які частини стебла будуть: а) інтенсивно забарвлені; б) слабо забарвлені; в) зовсім не забарвлені фарбою? Який висновок можна зробити на основі цього досліду?
6. Деякі бактерії викликають зав'ядання заражених рослин в умовах, коли здорові рослини залишаються тургоресцентними. Які можливі механізми такої дії?
7. За допомогою яких реакцій можна довести, що зелений колір хлорофілу обумовлюється наявністю магнію і що хлорофіл — це складний ефір? Напишіть рівняння відповідних реакцій.
8. За 20 хв пагін, площа листової поверхні якого становить 240 см^2 , поглинув 16 мг вуглекислого газу. Обчисліть інтенсивність фотосинтезу.
9. Простежте шляхи переміщення і метаболитну долі атома водню з молекули води від моменту, коли вода у виді дощу потрапляє в ґрунт, і до моменту, коли цей атом закінчує свій шлях і виявляється в молекулі крохмалю в хлоропласті листа.
10. Який біологічний зміст червоного забарвлення глибоководних морських водорослей?
11. Чому аеробне дихання ефективніше за анаеробне?
12. Дихальний коефіцієнт у проростків пшениці при вмісті в повітрі 21% кисню становив 0,98; при вмісті 5% кисню — 0,93; при вмісті 3% кисню — 3,34. Як пояснити різке зростання величини дихального коефіцієнта? За яких умов у рослин зростатиме величина дихального коефіцієнта?
13. Які реакції необхідні для того, щоб одержати з молекули глюкози наступні сполуки: фруктозу, сахарозу, одну з жирних кислот, аспарагінову кислоту, крохмаль, етиловий спирт.
14. Шматочки черешка та листової пластинки буряка помістили на тарілку, розім'яли скляною паличкою і облили розчином дифеніламіну в сірчаній кислоті (реактив на NO_3^-). Тканини черешка інтенсивніше забарвилися в синій колір, ніж тканини листової пластинки. Як пояснити одержаний результат?
15. Д. І. Прянишников установив, що врожай люпину підвищувався приблизно однаково при внесенні фосфориту і при внесенні фосфату, тоді як овес збільшував свій ріст тільки при добриві фосфатом, а при внесенні фосфориту ріс також погано, як і без фосфорних добрив. Як пояснити результати цього досліду?
16. За відсутності в поживному середовищі певних мікроелементів у рослин з'являються ознаки хлорозу. Відсутність якого з елементів спричиняється до найінтенсивнішого пожовтіння молодих листків?
17. Одну партію достигаючих плодів томату обробили етиленом, іншу — ні. У якому випадку

плоди будуть найбільш солодкими?

18. Що буде спостерігатися з рослинами, якщо листя у рослин короткого дня затемнити, а верхівку залишити на світлі? Чи зацвітуть вони?
19. У свіжих коренях цукрового буряка вміст редуруючих цукрів дорівнював 11%, а в підв'янутих — у 5 разів більше. З чим це пов'язано?
20. Іноді на яблунях поряд із плодами правильної форми розвиваються несиметричні. Як пояснити це явище?

Варіант б

1. Сухе насіння рицини (високий вміст олії) майже не містить крохмалю, а в проростках, що вирощувалися у темряві, він міститься в значній кількості. Поясніть його походження.
2. Чи можна вважати присутність якого-небудь ферменту в рослинному екстракті переконливим доказом того, що цей фермент активний також і в самій рослині? Чи є відсутність визначеної ферментативної активності в гомогенаті рослинної тканини переконливим доказом того, що цього ферменту немає також і в самій рослині? Чому?
3. Один зі шматочків епідерми синьої цибулі занурили в гіпертонічний розчин сахарози, другий — сечовини. В першому випадку спостерігався стійкий плазмоліз, а в другому — плазмоліз змінився деплазмолізом. Чому?
4. Поясніть причини, які спричиняють стійкий плазмоліз клітин у розчині сахарози, тимчасовий плазмоліз у розчині гліцерину та відсутність плазмолізу у розчині нейтрального червоного.
5. За період вегетації рослини накопичили 2,1 кг органічної маси і випарували 525 кг води. Обчисліть транспіраційний коефіцієнт.
6. Скільки води випарує рослина за 15 хв, якщо площа її листків становить 200 см^2 , а інтенсивність транспірації — $5 \text{ г H}_2\text{O} / \text{дм}^2 \cdot \text{год}$.
7. Інгібітор росту абсцизова кислота, пригнічує біосинтез гідролітичних ферментів та негативно впливає на рівень вмісту АТФ у рослинних тканинах. Як зміниться стан продохів у рослин після обприскування їх розчином і абсцизової кислоти?
8. У рослин, корені яких занурені в чисту воду, при добавці до неї солі може спостерігатися тимчасове зав'ядання, але через деякий час їхня тургоресцентність поновлюється. Поясніть це явище.
9. Після реакції омилення хлорофілу до витяжки з листка додали рівну кількість бензину суміш інтенсивно перемішали і дали відстоятися. Поясніть результати спостережень.
10. У зеленого листа в атмосфері, позбавленій CO_2 , на світлі спостерігається флуоресценція, тоді як у присутності CO_2 флуоресценція майже припиняється. Як пояснити це явище?
11. Який зв'язок між диханням і бродінням?
12. Яким буде склад запасних речовин насіння, якщо дихальний коефіцієнт дорівнюватиме: 0,3; 0,8; 1,0?
13. У дві колби налита однакова кількість розчину $\text{Ba}(\text{OH})_2$. Колби щільно закриті пробками з гачками, до яких підвішені марлеві мішечки з однаковими наважками пророслого насіння і насіння, що не проросло. Через деякий час розчин у колбах протитрували соляною кислотою. На титрування якої колби піде більше кислоти? Поясніть.
14. Яка фотосистема (I чи II) більшою мірою відповідає за інтенсивність відновлення нітратів у рослин? Обґрунтуйте відповідь рівняннями реакцій.
15. Для відновлення поживних якостей ґрунту на одній ділянці внесли калійне добриво, на другій — фосфорне, на третій — азотне, а четверту ділянку не підживлювали (контроль). Найбільший урожай одержали на третій ділянці, дещо менший — на першій, а на другій ділянці та в контрольному варіанті результат співпадав. Яких елементів на вистачає в даному ґрунті і чому?
16. Як пояснити розвиток двох верхівок у сосни?
17. До кришки судини, стінки якої обкладені вологим фільтрувальним папером, підвісили три черешки тополі: два черешки в нормальному положенні, причому в одного з них у середній частині зняли кільце кори, третій — у переверненому положенні. У яких частинах цих черешків буде спостерігатися утворення калюсу і додаткових коренів?

18. Які рослини (холодостійкі або теплолюбні) відрізняються високим вмістом ненасичених жирних кислот у ліпідах мембран?
19. На корінець проростка кукурудзи нанесли позначки тушшю на однаковій відстані одна від одної і помістили проросток у вологу камеру. Як зміниться розташування позначок через 24 год?
20. Який зв'язок існує між величиною дихального коефіцієнта та енергетичною ефективністю дихання?

Варіант 7

1. Плазмодесми характеризуються як структури, завдяки яким рослина являє собою не просто групу окремих клітин, а деяке угруповання живих протопластів, тісно між собою пов'язаних. На чому ґрунтується це ствердження?
2. Обчисліть всисну силу та концентрацію клітинного соку (за нормальних умов), якщо відомо, що в розчинах вуглеводів з осмотичним тиском 2 та 3 атм клітини збільшилися в об'ємі, а в розчинах з осмотичним тиском 5 та 6 атм зменшилися?
3. Обчисліть інтенсивність транспірації (г/дм²·год) рослини з площею листків 4 м², якщо відомо, що за 45 хв вона випарувала 750 г води.
4. Фільтрувальний папір, просочений розчином хлориду кобальту і просушеним до яскраво-голубого кольору був прикладений до двох сторін листа дуба. З нижньої сторони листа папір порожів через 15 хв., в той час як папір, прикладений до верхньої сторони, змінив свій колір лише через 3 години. Як пояснити одержані результати?
5. Відомо, що в умовах, за яких пригнічується або припиняється транспірація, гутація сприяє транспортуванню речовин по ксилемі. Чи спостерігається гутація у водних рослин, повністю занурених у воду?
6. Вкажіть, якими шляхами нестача води може впливати на ріст пагонів. Що поражається в кожному випадку? Який ефект зберігається, навіть якщо рослина одержить пізніше достатню кількість води? Чому?
7. Два однакових листки протягом доби витримували в повній темряві. Потім один з листків освітлювали монохроматичним світлом, а другий — світлом широкої області червоної частини спектра (інтенсивність світлових потоків аналогічна). В якому з листків виявиться вищий вміст крохмалю і чому?
8. До спиртової витяжки із зеленого листка додали декілька крапель 20%-ного розчину КОН, прилили бензин, ретельно перемішали і дали відстоятися. Обґрунтуйте результати спостережень рівняннями відповідних реакцій.
9. Визначення фотосинтезу методом листкових половинок проводилося з 8-ї до 12-ї години ранку. При зважуванні висушених проб листків одержані такі результати: а) маса освітлених о 8-й годині листків становила 0,2350 г, о 12-й годині — 0,2603 г; б) маса затемнених о 8-й годині листків становила 0,2350 г, о 12-й годині — 0,2050 г. Площа листової поверхні всіх проб однакова і дорівнює 100 см². Обчисліть інтенсивність фотосинтезу.
10. Як пояснити хлороз яблуні, що виростає на ґрунті з високим вмістом вапна?
11. Чому вищі рослини не можуть протягом тривалого часу підтримувати життя в анаеробних умовах, хоча і не гинуть відразу ж після попадання в безкисневе середовище?
12. Опишіть долю атомів: 1) вуглецю, 2) кисню, 3) водню при розпаді молекули пірвіноградної кислоти в процесі дихання.
13. Чому у рослин у світлий і темний час доби температурний оптимум дихання різний?
14. Чому кільцювання стовбура призводить до загибелі дерева?
15. Скільки аміачної селітри (NH₄NO₃) необхідно внести до вегетаційного посуду, який містить 2,7 кг ґрунту, виходячи з норми 0,08 г азоту на 1 кг ґрунту?
16. Коренева система ячменю протягом 3 хв знаходилася в розчині метиленового синього і поглинула 1,4 мг барвника. За цей час відбулося насичення адсорбуючої поверхні кореня. Протягом наступних 1,5 хв корені поглинули 0,8 мг метиленової сині, оскільки частина поверхні кореня звільнилася від барвника в результаті надходження його до внутрішніх тканин кореня. Яке співвідношення між робочою та неробочою поверхнею коренів

ячменю? Чи можуть вони бути рівними за даних умов?

17. Відомо, що ауксини пересуваються з верхівки стебла до його основи, з кінчика кореня — вгору. Які фактори гальмуватимуть пересування цих фітогормонів по рослині?
18. Як визначити, перебувають бруньки дерева в стані глибокого спокою чи їхній спокій вимушений?
19. Різні рослини витримували в холодильній камері, у котрій поступово знижувалася температура. Було встановлено, що відмирання шоколадного дерева відбувалося при $+8^{\circ}\text{C}$, хінного дерева - при $+2^{\circ}$, бавовнику - при $+1^{\circ}$, картоплі - при -1° , кукурудзи - при -2° , лимона - при -8° , озимого жита - при -30° , сосни - при -43° . На підставі цих даних дайте оцінку холодостійкості і морозовитривалості перелічених рослин.
20. Інтенсивність росту рослин залежить від вмісту в них води. Які причини зумовлюють різке гальмування темпів росту при нестачі води?

Варіант 8

1. З червоного буряка вирізали два однакових брусок, ретельно промоли їх у проточній воді та помістили в пробірки: в першу додали воду кімнатної температури; вміст другої пробірки прокип'ятили протягом 5 хв; в третю — додали декілька крапель спирту; в четверту — декілька крапель хлороформу. Поясніть різну інтенсивність забарвлення рідини в пробірках.
2. Під дією цитохалазину В мікрофіламенти агрегують. Як на ваш погляд, повинна впливати на ріст рослин обробка рослинної тканини цим лікарським препаратом? Поясніть.
3. Клітину з осмотичним тиском клітинного соку 5 атм занурили в розчин КС1, осмотичний тиск якого 10 атм. Що станеться з клітиною? Відповідь обґрунтуйте розрахунками.
4. Шматочки рослинної тканини занурили в 1 М розчин хлористого натрію та 1 М розчин сахарози. В якому випадку спостерігатиметься більш виражений плазмоліз і чому?
5. Обчисліть транспіраційний коефіцієнт дерев, які за період вегетації випарували 2 т води і накопичили 10 кг сухої маси.
6. Простежте шлях молекули води від краплини дощу, яка потрапила в ґрунт, до водяної пари, яка надійшла в повітря через продири листкової поверхні. Опишіть відповідні процеси та назвіть фізичні сили, які керують ними на кожному етапі.
7. Пігментом, що поглинає світло, при фотосинтезі є хлорофіл, хоча лист містить також ряд інших пігментів, що поглинають світло? Яка функція цих інших пігментів?
8. Як пояснити припинення фотосинтезу в зрізаного та зануреного у воду листка навіть за найсприятливіших для фотосинтезу умов?
9. Чим фотосинтез у сукулентних рослин відрізняється від фотосинтезу в мезофітов C_3 і C_4 типу?
10. Як можна пояснити відмирання нижніх гілок дерев у зімкнутому насадженні? Що таке листова мозаїка? У яких рослин звичайно спостерігається це явище: у світлолюбних або тіншовитривалих?
11. Чому дихання є не пряме окислення глюкози, а процес, що складається з багатьох етапів?
12. Які можливі субстрати дихання і які субстрати найбільш вигідні (як доказ використовувати поняття «дихальний коефіцієнт»)?
13. Один з факторів, які впливають на інтенсивність дихання, — це вміст у повітрі вуглекислого газу. Чому при високій концентрації CO_2 (більше 40%) інтенсивність дихання рослин гальмується?
14. Кореневу систему витримали протягом кількох хвилин у розчині метиленової сині, а потім ретельно промоли дистильованою водою і помістили в розчин хлориду кальцію. Згодом розчин набув добре помітного синього кольору. Поясніть це явище.
15. У вегетаційному досліді вивчався вплив добрив на врожайність пшениці. Дослід був поставлений у чотирьох варіантах: 1) ґрунт (контроль), до якого добрива не вносили, 2) аміачна селітра, 3) суперфосфат, 4) аміачна селітра та суперфосфат. Врожай у другому варіанті був у 1,5 рази вищим, ніж у контролі, у третьому — не відрізнявся від контролю, а в четвертому був у 2 рази більшим, ніж у контролі. Як пояснити отримані результати?

16. В чому проявляється негативний вплив надлишку азотних добрив на урожай пшениці та картоплі?
17. Який фактор зовнішнього середовища служить сигналом до осіннього листопаду деревних рослин помірної зони?
18. Як пояснити появу порости на пнях таких деревних рослин, як дуб, липа, береза?
19. Як пояснити накопичення значної кількості аспарагіну в проростках бобових рослин, які вирощували без доступу світла?
20. Яке листя швидше зав'ядає під час ґрунтової посухи - верхнє або нижнє?

Варіант 9

1. Визначте всисну силу клітини, якщо відомо, що в розчинах з осмотичним тиском 3 атм та 5 атм клітина збільшується в об'ємі, а в розчині з осмотичним тиском 7 атм — зменшується.
2. В якого розчину осмотичний тиск буде вищий: в 5%-ного розчину сахарози чи в 5%-ного розчину глюкози? Відповідь обґрунтуйте відповідними розрахунками.
3. Клітина занурена в 0,8 М розчин сахарози. В якому напрямку рухатиметься вода, якщо відомо, що осмотичний тиск клітинного соку дорівнює 10 атм, а тургорний тиск — 8 атм? Відповідь обґрунтуйте розрахунками.
4. Кусочки однієї і тієї ж рослини занурені в ряд розчинів з осмотичним тиском 0,3; 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5 МПа. Клітини цієї тканини перед зануренням мали тургорний тиск клітинного соку 0,5 МПа, а осмотичний — 1,5 МПа. В яких розчинах клітини будуть - всмоктувати воду; віддавати воду; буде спостерігатися плазмоліз.
5. Рослину вирощували в металевій посудині з ґрунтом. Після того, як рослина добре розвинулася, поверхню ґрунту захистили від випаровування і полив припинили. Коли рослина стала в'янути, з посудини взяли пробу масою 5,15 г і висушили її до постійної маси при температурі 100 °С. Маса ґрунту після висушування становила 4,80 г. Обчисліть
6. З поверхні пагона, площа листків якого становить 1,5 дм², за 5 хв випарувалося 0,08 г води. За аналогічних умов з вільної водної поверхні площею 20 см² за 2 год випарувалося 0,6 г води. Обчисліть відносну транспірацію.
7. Як пояснити зав'ядання листя в жаркий літній день при достатній кількості вологи в ґрунті і ліквідації водного дефіциту вночі?
8. Що можна сказати про співвідношення світлових і темнових реакцій фотосинтезу?
9. Скільки органічної речовини синтезує рослина з площею листової поверхні 7,5 м² за 5 хв, якщо відомо, що інтенсивність фотосинтезу становить 25 мг СО₂ / дм² х год?
10. Продуктивність фотосинтезу за 10 год становила 200 мг глюкози, що становить 2/3 дійсної продуктивності. Скільки кисню при цьому утворилося (весь кисень виділився в атмосферу)?
11. Простежте переміщення і метаболічні шляхи атома вуглецю, що спочатку входив у молекулу атмосферного СО₂ і наприкінці увійшов до молекули ліпиду, що відклався в запас в насінні.
12. Скільки СО₂ виділиться з 1 кг насіння за 10 діб, якщо відомо, що інтенсивність дихання цього насіння дорівнює 0,1 мг СО₂ на 1 г сухої речовини за годину (на суху речовину в насінні припадає 63%).
13. Чому для кращого збереження овочів у сховищах підтримують низькі позитивні температури та високу концентрацію СО₂?
14. Чому при нестачі кальцію в рослині спостерігається розм'якшення та ослизнення рослинних тканин? Поясніть біологічний зміст утворення кристалів оксалату кальцію в рослинних клітинах.
15. Чому в листках після розміщення рослин на яскравому світлі вміст нітратів різко зменшується? Відповідь поясніть.
16. Частину пагонів (невідокремлених від рослини) ізолювали від світла, решту залишили в умовах нормального освітлення. Що відбуватиметься з пагонами, ізолюваними від світла? Чи впливають на їхню життєдіяльність пагони, що залишилися на світлі?

17. Верхівки стебла рослин довгого та короткого дня, які вирощувалися при несприятливих фотоперіодах (рослини довгого дня — на короткому дні, рослини короткого дня — на довгому), обробили розчином гібереліну. Чи зацвітуть ці рослини?
18. Як пояснити, що хвоя сосни, що витримує зимою морози до -43° , влітку гине при охолодженні до -8° C?
19. Перелічіть засоби, які дозволяють: а) прискорити перехід рослин до стану спокою; б) затримувати розпускання бруньок; в) вивести бруньки з стану спокою.
20. Як залежить дихання від факторів зовнішнього середовища (O_2 , CO_2 , температури, водяного режиму, світла)?

Варіант 10

1. ПЕК зон росту кореня (поділу, розтягування, диференціювання) відмічена відповідно при $pH=3,2$; $pH=5,6$; $pH=6,4$. Який заряд та забарвлення будуть мати тканини вказаних зон росту кореня при $pH=2,0$; $pH=6,0$; $pH=8,0$?
2. Які запасні речовини переважають у насінні: а) злаків; б) олійних культур; в) бобових. Напишіть загальні формули відповідних запасних речовин.
3. Клітину помістили в 0,3 М розчин сахарози. В якому напрямку рухатиметься вода, якщо відомо, що осмотичний тиск клітинного соку дорівнює 10 атм, тургорний тиск — 8 атм, а температура розчину — 15° C?
4. Рослину пересадили в ґрунт, осмотичний тиск ґрунтового розчину якого дорівнював 3 кПа. Чи приживеться рослина, якщо в момент пересадки осмотичний тиск клітинного соку становив 8 кПа, а тургорний тиск — 5 кПа?
5. Маса листка в стані повного насичення водою становила 1,02 г, а після в'янення зменшилася до 0,9 г. Обчисліть величину водного дефіциту, якщо відомо, що абсолютно суха маса цього листка становить 0,42 г.
6. Поясніть, чому вода піднімається до вершин високих дерев, тоді як механічним усмоктувальним насосом її можна підняти не більш ніж на 10 м. Які умови необхідні для такого підйому?
7. Чому: а) вітер посилює транспірацію? б) опушеність листя зменшує його нагрівання на сонячному світлі?
8. Чому при вирощуванні рослин на поливних ділянках необхідно використовувати підвищені дози мінеральних добрив?
9. Сонячна радіація охоплює широкий діапазон довжин хвиль: від дуже маленьких (космічні промені) до дуже великих (радіохвилі). Рослини використовують, однак, лише дуже невелику частину променистої енергії, приблизно в інтервалі довжин хвиль - від 400 до 750 нм. Як це можна пояснити?
10. Освітлення дорівнює 80% оптимального для даної рослини, Температура – 30% від оптимуму, а решта факторів, які впливають на процес фотосинтезу теж оптимальні. Назвіть факторії, посилення яких: а) спричинює різке посилення фотосинтезу; б) приводить до незначного збільшення інтенсивності фотосинтезу; в) не змінює швидкості поглинання CO_2 .
11. Чи шкідливо в приміщенні тримати кімнатні рослини, які поглинають кисень, так необхідний людині?
12. Як пояснити різну величину дихального коефіцієнта проростаючих крохмалистого і маслянистого насіння?
13. Інтенсивність подиху листів визначалася методом просасування. Наважка листя — 22 г, експозиція — 40 хв., кількість розчину $Ba(OH)_2$ у поглиначі — 100 мл, узятю на титрування 20 мл розчину, пішло на титрування 10 мл HCl . На титрування 20 мл вихідного розчину бариту витрачено 18 мл HCl . Розрахуйте інтенсивність дихання, якщо відомо, що 1 мл HCl еквівалентний 2,2 мг O_2 на 1 г за добу.
14. Чому інтенсивність подиху бульб картоплі різко підвищується при зниженні температури з $+3^{\circ}$ C до -1° C?
15. Однакові паростки висаджені в 3 посудини з піском. У першу посудину внесена повна суміш Гельригеля, у другу та ж суміш, але замість $Ca(NO_3)_2$ додано $CaSO_4$, у третій

- посудині КСІ замінений на KNO_3 . Посудини поміщені у вегетаційний будиночок і регулярно поливаються дистильованою водою. Які будуть результати цього дослідження?
16. Спори пліснявого гриба внесені в живильне середовище, що містить цукор і різні солі, до складу яких входять азот, сірка, калій, магній, залізо та мікроелементи. Не зважаючи на цілком сприятливі зовнішні умови ріст гриба відбувається тільки протягом перших двох днів, а потім припинився. Як пояснити отриманий результат?
 17. Рослини томатів вирощували в різних умовах: а) температура ґрунту була нижчою, ніж температура повітря; б) вдень і вночі температура ґрунту і повітря була однаковою; в) вночі температура ґрунту і повітря була нижчою, ніж вдень. В якому з варіантів дослідження рослини ростимуть швидше? (Кількість тепла, яке отримували рослини протягом доби, однакова).
 18. Один проросток гороху вирощували на світлі, другий — у темряві. Через тиждень довжина проростка, вирощеного на світлі, досягла 7,3 см, а довжина проростка, вирощеного в темряві, — 13,8 см. У якого з досліджуваних проростків буде більше сухої маси?
 19. Яке значення має перетворення крохмалю в цукор у запасаючих тканинах деревних рослин взимку?
 20. У роботі Ч. Дарвіна «Про здатність рослин до руху» описаний дослід із проростками канаркової трави (рослини з родини злаків): проростки, у яких верхівки колеоптилів були закриті непрозорими ковпачками, а інша частина висвітлювалась з одного боку, продовжували зростати вертикально, у той час як, у проростків, верхівки яких одержували бічне світло, а нижня частина була засипана вологим піском, спостерігався вигін цієї затемненої частини у напрямку світла. Як пояснити результати цього дослідження?

Варіант 11

1. В чому проявляється структурна схожість між тваринними і рослинними клітинами? Чим відрізняються ці клітини? Які відмінності в функціях відповідають цим структурним відмінностям?
2. Чому дорівнює всисна сила і тургорний тиск клітини:
 - а) при повному насиченні її водою;
 - б) недонасиченні;
 - в) циторизі?
3. Чи буде клітина без клітинної оболонки увесь час поглинати воду?
4. Маса дослідного пагона відразу після зрізання становила 10,26 г, а через 3 хв — 10,17 г. Площа листової поверхні пагона становила 240 см^2 . Обчисліть інтенсивність транспірації.
5. У деяких кімнатних рослин перед дощем на кінчиках листків з'являються краплі води. Як пояснити це явище?
6. Фермери рідко вносять добрива під посіви під час засухи, так як вони на досвіді переконалися в тому, що це може принести шкоду, Поясніть, чому це так.
7. Один листок опромінювали синім світлом, а другий (у тієї ж рослини) червоним світлом однакової інтенсивності (за кількістю квантів). Як розрізняються листки за інтенсивністю фотосинтезу та за продуктивністю використання світла?
8. Експериментальне встановлено, що інтенсивність флуоресценції хлорофілу в розчині в 10 разів вища, ніж у нативному стані (жива пластида). Чим це можна пояснити?
9. Обчисліть інтенсивність фотосинтезу, якщо відомо, що за 40 хв пагін, листові поверхні якого становить 480 см^2 , поглинає 32 мг CO_2 .
10. При фотодиханні утворюються амінокислоти. Чому ж у такому випадку вважають, що це неефективний процес і що матеріал у ньому витрачається дарма?
11. Охарактеризуйте дихальний обмін як деякий центральний механізм, що зв'язує між собою різні групи сполучень: вуглеводи, органічні кислоти, жири і білки.
12. Були узяті дві наважки насіння по 10 г кожна. Одну наважку висушили при 100°C для визначення абсолютно сухої маси, що дорівнювалась 8,8 г. Другу порцію насіння

пророщували в темряві протягом 2 тижнів на чистому піску, змоченому дистильованою водою. Отримані паростки мали сиру масу 21,7 г, а абсолютно суху — 7,0 г. Як пояснити зміну сухої і сирої маси в процесі проростання?

13. Поясніть причини різкого підвищення інтенсивності дихання при збільшенні вмісту кисню в навколишньому середовищі від 1 до 6%, причому в результаті наступного підвищення вмісту кисню інтенсивність дихання майже не змінюється.
14. Як можна виростити рослину без ґрунту? Яких умов для цього слід дотримуватися?
15. Пересування мінеральних речовин по ксилемі — це пасивний процес, який незначною мірою пов'язаний з обміном. Як зміниться швидкість руху пасоки по стеблу, якщо його серцевину обмотати ватою, змоченою ефіром чи хлороформом?
16. Рослини вирощувалися у вегетаційних посудинах із досліджуваним ґрунтом. До першої посудини ніяких добрив не вносили (контроль), у другу додали калійне добриво, у третю - фосфорне, у четверту - азотне. Інші умови (освітлення, температура, полив) були для всіх посудин однаковими. Ріст рослин у другій посудині не відрізнявся від контролю, у третій був трохи кращим, а в четвертій — набагато кращим, чим у контрольній посудині. Зробіть висновки з приведених результатів.
17. Які можуть бути причини відсутності проростання життєздатного насіння при наявності всіх необхідних для цього процесу зовнішніх умов?
18. Як визначити, чи знаходяться бруньки деревної рослини в стані глибокого спокою або спокій їхній є змушеним?
19. Корні та стебла рослини оброблені розчином гетероауксину однокової концентрації. Як відіб'ється такий вплив на процесах росту вказаних органів?
20. З 20-річної тополі зрізали два живці: з середньої частини крони і з пагона, який виріс біля основи стовбура. Обидва живці посадили в ґрунт і регулярно поливали. Який з живців краще укоріниться? Яка з отриманих рослин швидше ростиме? Яка з рослин швидше зацвіте? Відповідь поясніть.

Варіант 12

1. У дві колби помістили по 1 г розтертого насіння рицини і налили однакову кількість води, після чого вміст однієї з колб прокип'ятили. Через якийсь час було проведене титрування розчином луґу. На титрування якої колби піде більше луґу і як це пояснити?
2. Клітина знаходиться в стані в'янення (початок плазмолізу). Визначте осмотичний тиск клітинного соку, якщо відомо, що всисна сила клітини дорівнює 5 атм.
3. Після занурення шматочка рослинної тканини в 10%-ний розчин сахарози концентрація останнього не змінилася. В якому напрямку зміниться концентрація 12%-ного розчину сахарози, якщо в нього помістити вищевказаний шматочок рослинної тканини? Відповідь поясніть.
4. Продуктивність транспірації становить 4 г/л. Обчисліть транспіраційний коефіцієнт.
5. Поясніть, виходячи із аналізу водяного балансу рослин: а) чому рослини, що зав'язали удень, вночі повертаються до тургорного стану; б) з якою метою живці рослин, занурені у пісок для укорінення, покриваються скляним ковпаком?
6. Чому і як змінюється товщина стовбурів у дерев опівдні, коли напруга дії метеофакторів максимальна?
7. За допомогою якої реакції можна довести, що в молекулі хлорофілу міститься атом магнія? До розчину феофетина додали декілька кристалів уксуснокислой міді і нагріли до кипіння. Як зміниться при цьому забарвлення розчину? Напишіть рівняння цієї реакції.
8. Інтенсивність фотосинтезу дорівнює $12 \text{ мг CO}_2/\text{дм}^2 \cdot \text{год}$. Скільки органічної речовини (в мг) утвориться в рослині за 20 хв, якщо відомо, що площа листової поверхні рослини становить $1,5 \text{ м}^2$?
9. Яким способом кооперативна взаємодія електронів і протонів створює умови для утворення АТФ у процесі фотосинтезу?
10. У зонах із помірним кліматом концентрація CO_2 в атмосфері змінюється протягом року циклічним способом: вона зимою буває приблизно на 1,5% вище, чим улітку. Поясніть це явище?

11. Чи існують різні шляхи переносу електронів і протонів?
12. Склад жиру в живих організмів коливається в залежності від температури існування організмів. Звичайно, чим більш холодне середовище існування, тим багаті жири ненасиченими жирними кислотами. Чи є в цьому якась вигода для організму? Як Ви уявляєте собі механізм, за допомогою якого температура могла б впливати на тип і на кількість жирних кислот, що утворюються?
13. В набубнявілому насінні ячменю дихальний коефіцієнт становив 0,8. При подальшому проростанні насіння дихальний коефіцієнт підвищився до 1,4. Чому?
14. В яких органах рослин дихання протікає інтенсивніше: в квітках, листках, стеблах, бруньках чи запасаючій паренхімі?
15. Які органи рослин (листки, здерев'янілі стебла, запасаючі тканини) містять більше зольних елементів і чому? В яких листках (молодих чи старих) міститься більше зольних елементів і з чим це пов'язано?
16. При польовому досліді в ґрунт вносили азотні, фосфорні і калійні добрива в різних сполученнях і дозуваннях. Врожай висіяної на цьому полі культури виявився найвищим і приблизно однаковим у двох варіантах: 1) N – 10, P – 15, K – 10 кг; 2) N – 15, P – 20, K – 15 кг/га. Який із варіантів варто рекомендувати для практичного використання?
17. Чи можна віднести до ростових явищ: а) набрякання насіння у воді; б) набрякання бруньок перед їх розпусканням?
18. Одну партію розсаду томатів обробили етиленом, іншу – ауксином. У яких рослин стебло буде більше у діаметрі?
19. Чому при вирощуванні рослин на поливних ділянках варто застосовувати підвищені дози добрив?
20. Чому передпосівне загартовування до посухи за методом П. А. Генкеля (замочування і підсушування насіння) більш ефективно, чим загартовування в'яненням вже розвинутих рослин?

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Основна література

1. Мусієнко М.М. Фізіологія рослин./ М.М. Мусієнко К.:Наукова думка, 2005. – 583 с.
2. Кузнецов В.В., Дмитриева В.А. Физиология растений. / В.В.Кузнецов, В.А.Дмитриева М.: Высшая школа, 2006. – 742 с.
3. Якушкина Н.И. Физиология растений./ Н.И.Якушкина. - М.: Просвещение, 2005. – 465 с.
4. Злобін Ю.А. Курс фізіології і біохімії рослин./ Ю.А.Злобін. - Суми: „Університетська книга”, 2004. – 464 с.
5. Физиология растений. / Н.Д. Алёхина, Ю.В. Балнокин, В.Ф. Гавриленко и др./ Под ред. И.П. Ермакова. – М.: «Академия», 2005. – 640 с.
6. Красильникова Л.А., Авксентьева О.А., Жмурко В.В., Садовниченко Ю.А. Биохимия растений. /Под ред. Л.А. Красильниковой. – Ростов на Дону: «Феникс», Харьков: Торсинг,2004. – 224с.

Додаткова література

1. Гэлстон А., Девис П., Сэттер Р. Жизнь зеленого растения./ А.Гэлстон, П.Девис, Р.Сэттер. - М.: Мир, 1983. – 550с.
2. Лебедев С.И. Физиология растений. / С.И.Лебедев.- М.:Колос, 1982. – 463 с.
3. Полевой В.В. Физиология растений./ В.В.Полевой. - М.: Высшая школа, 1984. – 464 с.
4. Бернье Ж., Кине Ж.М., Сакс Р. Физиология цветения./ Ж.Бернье, Ж.М.Кине, Р.Сакс. - М.: Мир, 1985. Т. 1, 2. 192 с., 318 с.
5. Генкель П.А. Физиология жаро- и засухоустойчивости растений./ П.А.Генкель. - М.: Просвещение, 1982. – 280 с.
6. Деверолл Б.Дж. Защитные механизмы растений./ Б.Деверолл. - М.:Мир, 1980. – 126 с.
7. Измайлов С.Ф. Азотный обмен в растениях./ С.Ф.Измайлов. - М.:Наука, 1986. – 320 с.
8. Кефели В.И. Рост растений./ В.И.Кефели. - М.: Высшая школа, 1984. – 120 с.
9. Лютинге У., Хагинботам Н. Передвижение веществ в растениях./ У.Лютинге, Н. Хагинботам Н. - М.: Мир, 1984. – 408 с.
10. Механизмы радиоустойчивости растений. К.: Наукова думка, 1976. – 167 с.
11. Саламатова Т.С. Физиология растительной клетки. / Т.С.Саламатова. - Л.:Наука, 1983. – 232 с.
12. Уоринг Ф., Филипс Н. Рост растений и дифференцировка. / Ф.Уоринг, Н.Филипс М.: Мир, 1984. – 512с.
13. Фотосинтез. / Под ред. М. Говиндли. - В 2 т. М.:Мир, 1987. – 728 с., 460 с.
14. Чайлахян М.Х. Регуляция цветения высших растений. / Чайлахян М.Х. - М.: Наука, 1988. – 560 с.
15. Юсуфов А.Г. Механизмы регенерации растений./ А.Г.Юсуфов. - Ростов:РГУ, 1982. – 173 с.
16. Практикум по физиологии растений / Под ред. В.Б. Иванова. – М.: Издательский центр «Академия», 2001. – 144 с.
17. Викторов Д.П. Практикум по физиологии растений. / Д.П.Викторов. – 2-е изд. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 1991. – 160 с.

Інформаційні ресурси

1. <http://library.znu.edu.ua/> - сайт Наукової бібліотеки ЗНУ
2. <http://www.nbu.gov.ua/> - сайт Національної бібліотеки Вернадського
3. <http://ashipunov.info/shipunov/school/sch-ru.htm> - бібліотека Флора і фауна
4. <http://zplant.awardspace.info/> - сайт кафедри садово-паркового господарства та генетики рослин

Навчальне видання
(українською мовою)

Войтович Олена Миколаївна

ЛАБОРАТОРНИЙ ЖУРНАЛ
З ФІЗІОЛОГІЇ ТА БІХІМІЇ РОСЛИН

для студентів III курсу заочної форми навчання
освітнього рівня бакалавр
галузі знань 09 біологія
спеціальності 091 біологія

Рецензент к.б.н., доц. Н.І. Костюченко
Відповідальний за випуск к.б.н. О.М. Войтович
Коректор О.М. Войтович